

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Efektivní způsoby opracování hliníkových trubek pro následné
svařování pro jízdní kola

Effective Machining of Aluminum Tubes for Following Welding for
Bicycles

Student:	Ing. Viktor Janíček
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání diplomové práce

Student: **Ing. Viktor Janíček**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Efektivní způsoby opracování hliníkových trubek pro následné svařování pro jízdní kola**
Effective Machining of Aluminum Tubes for Following Welding for Bicycles
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Možnosti obrábění hliníkových slitin.
3. Rozbor a analýza stávající technologie.
4. Návrh nové (vhodné) technologie úpravy trubek.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

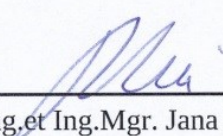
BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; NOVÁKOVÁ, Jana; PETŘKOVSKÁ, Lenka. *Technologie II – 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, 2007, 126 s. ISBN 978–80–248–1641–8.
BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; NOVÁKOVÁ, Jana; PETŘKOVSKÁ, Lenka. *Technologie II – 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, 2008, 150 s. ISBN 978–80–248–1822–1.
MRKVICA, M. *Přípravy a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80–7078–941–7.
NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marián. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978–80–8070–711–8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 21.12.2018

Datum odevzdání: 20.05.2019


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlašuji, že

• jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se vztahuje zákon č. 131/2000 Sb. autorský zákon, zejména § 35 – díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních přednášek a učebních děl školního a školního díla.

• beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo navedené ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užit (§ 35 odst. 3).

• souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Datovém úložišti VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen v vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalitativní práci budou zveřejněny v Informačním systému VŠB-TUO.

• bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu z její strany uzavru licenci k užití a využití díla v rozsahu § 17 odst. 4 autorského zákona.

• bylo sjednáno, že při tvorbě díla – diplomovou práci – poskytnou licenci k jejímu využití pouze ti, kteří mají právo tak učinit, a to na základě písemné smlouvy, která bude obsahovat podmínky a rozsah poskytnuté licence. Pokud bude poskytnuta licence, bude obsahovat podmínky a rozsah poskytnuté licence.

• beru na vědomí, že od vydání své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 131/2000 Sb. o vysoké škole, a to v rozsahu, který je v zákoně uveden.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2019

V Ostravě: 15. 5. 2019

Ing. Viktor Jančík

Zápisník 2655/29

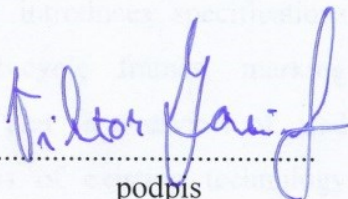
787 01 Šumperk

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2019



podpis

Ing. Viktor Janíček

Zahradní 2655/29

787 01 Šumperk

Anotace diplomové práce

JANÍČEK, V.: *Efektivní způsoby opracování hliníkových trubek pro následné svařování pro jízdní kola: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2019. 83 s. Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá způsoby obrábění konců hliníkových trubek, které budou přivařovány do sestavy rámu jízdního kola. První část seznamuje se specifikacemi obráběného materiálu hliníkových slitin určených pro rámy jízdních kol, s označováním tohoto materiálu, složením rámu kola, způsoby svařování a přehledem používaných obráběcích technologií. Druhá část obsahuje rozbor stávající technologie ve firmě produkující jízdní kola a návrh nových technologií vhodných pro úpravy trubek. V závěru práce uvádí technicko-ekonomické zhodnocení a rozebírá výsledky porovnání pro posouzení výhodnosti a efektivnosti vybraných způsobů obrábění.

Annotation of diploma thesis

JANÍČEK, V.: *Effective Machining of Aluminum Tubes for Following Welding for Bicycles: Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2019. 83 p. Advisor thesis: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Diploma thesis deals with methods of machining ends of aluminum tubes which will be welded into an assembly of a bicycle frame. The first part introduces specifications of machined material of aluminium alloys intended for bicycle frames, marking of the material, composition of a bike frame, welding methods and an overview of used machining technologies. The second part contains an analysis of existing technology in a company producing bicycles and design of new technologies suitable for adaptation of tubes. At the end the thesis mentions technical-economic appreciation and analyses results of comparison in order to assess advantages and efficiencies of selected machining methods.

Obsah

Seznam použitého označení a zkratk	8
Úvod.....	10
1. Materiál rámu jízdních kol.....	12
1.1 Hliník.....	12
1.1.1 Značení slitin hliníku	13
1.1.2 Používané slitiny hliníku	14
2. Rám jízdního kola a jeho části	16
3. Svařování hliníkových rámu	19
4. Metody obrábění kovů	21
4.1 Konvenční obrábění kovových materiálů	21
4.1.1 Frézování	22
4.2 Nekonvenční metody obrábění kovových materiálů.....	24
4.2.1 Řezání laserem.....	25
5. Technologické a ekonomické podmínky pro výběr vhodné technologie	27
5.1 Technologické podmínky	27
5.2 Ekonomické podmínky	28
6. Cíl práce	30
7. Rozbor a analýza stávající technologie	31
8. Návrh nové vhodné technologie	39
8.1 Laser pro řezání profilů a trubek	39
8.2 Poloautomat pro frézování obou konců trubky	42
9. Technicko-ekonomické zhodnocení	45
9.1 Náklady obrábění za časovou jednotku.....	45
9.1.1 Hodinová sazba strojů	45
9.1.2 Elektrická energie	45
9.1.3 Mzdové náklady	46
9.1.4 Náklady na provoz a obráběcí nástroje	46
9.1.5 Přirážka.....	47
9.2 Kalkulace nákladů na obrábění trubek rámu	47
9.2.1 Kalkulace nákladů obráběcího času	47

9.2.2 Kalkulace nákladů času přípravy a manipulace	48
9.2.3 Kalkulace celkových nákladů obrábění konců trubek	49
9.2.4 Porovnání ročního objemu nákladů na obráběcí činnosti.....	50
9.3 Outsourcing obráběcích prací	50
9.4 Změny vstupních parametrů a jejich vliv na kalkulaci	51
10. Závěr	53
11. Použitá literatura	55
Poděkování.....	59

Seznam použitého označení a zkratek

Označení/zkratka	Popis
3D	trojrozměrný
A	tažnost [%]
A _{50 mm}	tažnost [%]
Al	hliník
CAD	počítačem podporované projektování
CNC	počítačové číslicové řízení
Cr	chrom
Cu	měď
ČSN	česká státní norma
DXF	formát výměny dat AutoCADu
DWG	nativní formát souborů AutoCADu
EN	evropská norma
Fe	železo
HB	tvrdost podle Brinella
HRC	tvrdost podle Rockwella
IGS	formát souborů AutoCADu
MAG	svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu
Mg	hořčík
MIG	svařování v ochranné atmosféře inertního plynu
Mn	mangan
Ra	průměrná aritmetická úchylka profilu [μm]
R _m	mez pevnosti v tahu [MPa]

$R_{p0,2}$	mez kluzu [MPa]
Si	křemík
STEP	formát výměny dat AutoCADu
Ti	titan
TIG	svařování netavící se wolframovou elektrodou
Zn	zinek
Zr	zirkonium
s.r.o.	společnost s ručením omezeným

Úvod

V dnešní době si stále větší počet lidí uvědomuje pozitivní vliv pohybu na své zdraví. Mnozí si k tomu volí jízdu na kole, proto také kolem sebe vidíme stále více cyklistů. Jízdní kolo je prostředek, který umožňuje pohyb jak tělesně méně zdatným, tak více náročným sportovcům. Umožňuje nám větší nezávislost na jiných dopravních prostředcích, máme možnost dostat se tam, kam chceme a kdy chceme. Máme tak možnost cestovat po svém okolí, dostávat se do přírody a mimo město a to i do míst, kde nelze jezdit automobilem. Moderním trendem se stává také dojíždění na kole do práce.

Cyklistická doprava pomáhá řešit problémy s dopravní infrastrukturou, kdy množství automobilů, zvláště ve městech, způsobuje dopravní kolaps. Zvyšující důraz je kladen v těchto souvislostech také na kvalitu životního prostředí, kdy tyto alternativní dopravní prostředky neznečišťují ovzduší a jsou ekologické. V různých městech světa, ale i u nás se rozšiřuje také například možnost pronajímání kol za účelem usnadnit cestování centry měst.

Z místních, republikových i evropských fondů je vynakládáno více prostředků na podporu a financování projektů rozšiřování cyklistické dopravy. Rozšiřuje se množství a délky budovaných cyklistických stezek a cyklistických zón. Vytváří se tak podmínky ke stále většímu využití jízdních kol.

Výroba jízdních kol představuje velký trh, na kterém sice mnoho místa zaujímají asijské země, ale také Česká republika je v současnosti v rámci Evropy významným producentem jízdních kol. Uváděný vývoj cyklistiky předpokládá rozšiřování této výroby, kdy je potřeba, aby firmy obstály v zahraniční konkurenci stále levnější výroby.

Práce se zaměřuje na jednu z částí výroby jízdních kol, na metody a způsoby obrábění jejich rámu. Toto téma je v současnosti v odborných pracích a literatuře spíše opomíjené. K vytvoření alespoň částečného náhledu na problematiku obrábění rámu jízdních kol slouží tato předkládaná práce. Seznamuje s tím, z jakého materiálu jsou rámy vyráběny, popisuje jednotlivé části rámu a jakým způsobem jsou tyto trubky obráběny, aby mohly být spojeny v rámu kola. Hledá vhodné technologie, které takovéto obrábění umožňují. Porovnává jejich výhody a nevýhody, finanční nákladnost a vhodnost k použití. Řeší, jestli jsou vhodné pro stávající typy a rozsahy výroby a jak by měla být přizpůsobena výroba k maximálnímu

využití těch nejefektivnějších způsobů obrábění. Může také poskytnout vodítko při rozhodování, zda tyto operace provozovat ve vlastní výrobě, nebo si je nechat zajišťovat dodavatelským způsobem. Její výsledek by měl pomoci s rozhodováním ve výběru technologií obrábění, nalézt způsob jak ušetřit a jak vyrábět levněji.

1. Materiál rámu jízdních kol

Nejčastěji využívanými materiály ke konstrukci rámu jízdních kol jsou ocel, hliníkové slitiny, karbonové kompozity nebo titan. Rámy kol však bývají konstruovány i z dalších materiálů, běžně málo využívaných, jako je například bambus, dřevo nebo polymery. To, který materiál je použit, ovlivňuje konečnou cenu, hmotnost, fyzikální vlastnosti a také technologické možnosti obrábění rámu kola. Za širokým využíváním hliníkových slitin v současnosti stojí jejich příznivá cena a zároveň odpovídající mechanické vlastnosti.

1.1 Hliník

Hliník je z hlediska průmyslového využívání poměrně „mladý“ kov, komerčně se využívá teprve zhruba 100 let. Proto by zároveň mohlo překvapovat, jaké má v současnosti široké použití a kde všude ho nalezneme. Jeho oblastmi použití jsou především:

- doprava,
- stavebnictví,
- strojírenský a hutnický průmysl,
- energetika a elektrotechnický průmysl,
- potravinářský průmysl,
- chemický průmysl (potrubí, výměníky),
- rekreační průmysl a sport,
- jiné oblasti použití (klenotnictví). [1]

Téměř 60% světové produkce hliníku a jeho slitin je používáno v dopravě (letectví a kosmonautika, automobilová a železniční doprava, lodní doprava). Významnou oblastí s vysokým podílem hliníkových součástí je také výroba jízdních kol. Důvodem použití na všech částech jízdního kola je nízká hmotnost těchto materiálů, jejich dostatečně vysoká pevnost a pružnost, lehká obrobitelnost, odolnost proti korozi a dostupnost různých formátů polotovarů (tyče, trubky, plechy, desky apod.). [1] [22]

Pro zlepšení pevnostních, chemických, technologických nebo fyzikálních vlastností samotného hliníku se přidávají další chemické prvky a vytvářejí tak slitiny hliníku s požadovanými charakteristikami. Tyto slitiny mohou mít díky obsahu různých chemických prvků velmi rozdílné vlastnosti. [1]

1.1.1 Značení slitin hliníku

Pro značení slitin Al platí zásady Českých technických norem. V současnosti jsou nejvíce využívané označení podle norem ČSN EN 573-1 až 573-3 (Al a jeho slitiny pro tváření) a ČSN EN 1706 (Al a jeho slitiny na odlitky). V případě tvářených z materiálů hliníkových slitin jsou výrobky a ingoty označovány písmeny EN AW a čtyřmi číslicemi. Toto lze doplnit i chemickým označením. První číslice číselného označení určuje skupinu slitin podle jejích hlavních prvků: [1] [10] [11]

- 1000 – Al minimálně 99,00 % a více,
- 2000 – slitina AlCu,
- 3000 – slitina AlMn,
- 4000 – slitina AlSi,
- 5000 – slitina AlMg,
- 6000 – slitina AlMgSi,
- 7000 – slitina AlZn,
- 8000 – slitina Al s různými prvky. [1] [10]

Slitiny lze také rozdělit na vytvrditelné a nevytvrditelné. Různým způsobem tepelné úpravy lze zvyšovat mechanické vlastnosti tohoto materiálu. Tepelně zpracovatelné, tedy vytvrditelné jsou především skupiny slitin řady 2000, 6000 a 7000. [1]

V případě odlévaných materiálů z hliníku jsou slitiny obdobně označovány písmeny EN AC a pěti číslicemi s členěním jednotlivých skupin stejným jako je u tvářených materiálů. [1]

Stav dodávaného tvářeného materiálu označuje také kód uváděný za číselným označením materiálu. Toto označení se řídí normou ČSN EN 515. Označení základních stavů písmeny je: [14]

- F – z výroby,
- O – žíhaný,

- H – deformačně zpevněný,
- W – po rozpouštěcím žíhání,
- T – tepelně zpracovaný k získání stabilních stavů jiných než F, O nebo H. [14]

Písmena jsou doplňována číslicemi, které tento stav upřesňují. Například pro tepelně zpracované stavy je základní rozdělení:

- T1 – po ochlazení ze zvýšené teploty tváření a přirozeném stárnutí,
- T2 – po ochlazení ze zvýšené teploty tváření, tváření za studena a přirozeném stárnutí,
- T3 – po rozpouštěcím žíhání, tváření za studena a přirozeném stárnutí,
- T4 – po rozpouštěcím žíhání a přirozeném stárnutí,
- T5 – po ochlazení ze zvýšené teploty tváření a umělém stárnutí,
- T6 – po rozpouštěcím žíhání a umělém stárnutí,
- T7 – po rozpouštěcím žíhání a umělém přestárnutí,
- T8 – po rozpouštěcím žíhání, tváření za studena a umělém stárnutí,
- T9 – po rozpouštěcím žíhání, umělém stárnutí a tváření za studena. [14]

Pro rámy jízdních kol je nejvíce využíván způsob tepelného zpracování materiálu označený T6, tedy tepelné zpracování po rozpouštěcím žíhání a umělém stárnutí tvářeného materiálu. [14]

1.1.2 Používané slitiny hliníku

Rámy jízdních kol jsou v současnosti vyráběny především ze slitin hliníku s označeními EN AW-6061 T6 [AlMg1SiCu], EN AW-7020 T6 [AlZn4,5Mg1] a její obdobou s nepatrně odlišným složením EN AW-7005 T6 [AlZn4,5Mg1,5Mn]. Tyto slitiny se snadno obrábí a jsou vhodné pro svařování. Pro další součásti jízdních kol je jako materiál využívána slitina EN AW-7075 T6 [AlZnMgCu1,5], která je velmi pevná, je však nepoužitelná pro svou špatnou až nemožnou svařitelnost k výrobě rámu kol. [19]

Tabulka 1 – Hodnoty pevnosti používaných Al slitin tažených trubek [13]

Označení ČSN EN 573-1 - 3		R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A [%]	A _{50 mm} [%]
EN AW-6061 T6	AlMg1SiCu	min. 290	min. 240	min. 10	min. 8
EN AW-7005 T6	AlZn4,5Mg1,5Mn	min. 350	min. 290	min. 10	min. 8
EN AW-7020 T6	AlZn4,5Mg1	min. 350	min. 280	min. 10	min. 8

Mezní hodnoty chemického složení těchto materiálů stanovuje norma ČSN EN 573-3. Tyto hodnoty uvádí v přehledu následující tabulka.

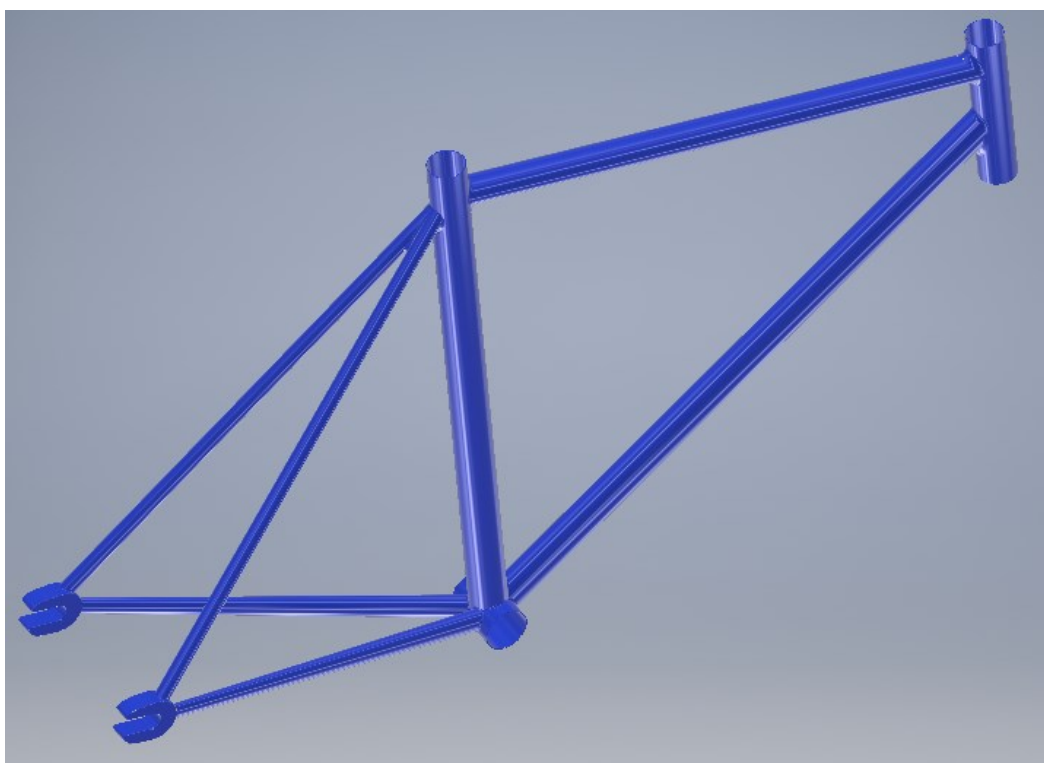
Tabulka 2 – Chemické složení vybraných Al slitin [12]

Označení ČSN EN 573-1 - 3		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Zr+Ti
EN AW-6061 T6	AlMg1SiCu	0,4-0,8	max. 0,7	0,15-0,40	max. 0,15	0,8-1,2	0,04-0,35	max. 0,25	max. 0,15	-	-
EN AW-7005 T6	AlZn4,5Mg1,5Mn	max. 0,35	max. 0,40	max. 0,10	0,20-0,70	1,0-1,8	0,06-0,20	4,5-5,0	0,01-0,06	0,08-0,20	-
EN AW-7020 T6	AlZn4,5Mg1	max. 0,35	max. 0,40	max. 0,20	0,05-0,50	1,0-1,4	0,10-0,35	4,5-5,0	-	0,08-0,20	0,08-0,25

Pro výrobu rámu kol jsou některými výrobci označovány trubky ze slitiny EN AW-7020 T6 jako vhodnější, než z materiálu EN AW-6061 T6. Je to především jejich pevnostní charakteristika, kde slitina EN AW-7020 T6 vykazuje mnohem vyšších hodnot meze pevnosti i kluzu. Dalším důležitým faktorem je i způsob, jakým je potřeba rámy tepelně zpracovávat po jejich svaření. Při svařování dochází z důvodu vneseného tepla ke změnám mechanických vlastností materiálu, proto musíme zajistit návrat vyhovujících pevnostních hodnot. Toho lze u slitiny EN AW-6061 T6 dosáhnout pouze umělým stárnutím. K tomu musí být výrobce vybaven zařízením, kde je svařený rám v určitém čase ohříván při předepsané teplotě. Tento proces je náročný také časově a energeticky. U slitiny EN AW-7020 T6 lze návrat požadovaných vlastností dosáhnout přirozeným stárnutím, které probíhá za pokojové teploty a během 7 dnů zpět získává 90% pevnosti. Tento proces je proto z hlediska jejich zpracování mnohem výhodnější. [19]

2. Rám jízdního kola a jeho části

Rám jízdního kola bývá většinou jeho nejdražší součástí a tvoří jeho hlavní charakteristiku. Jeho úkolem je nést jezdce, převádět síly z pedálů na pohyb celého jízdního kola a řídit ho. Proto je také hlavním požadavkem jeho dostatečná pevnost a pružnost. Ty ovlivňuje především materiál rámu, jeho geometrie, tvar samotných trubek a způsob jejich spojení. [21]



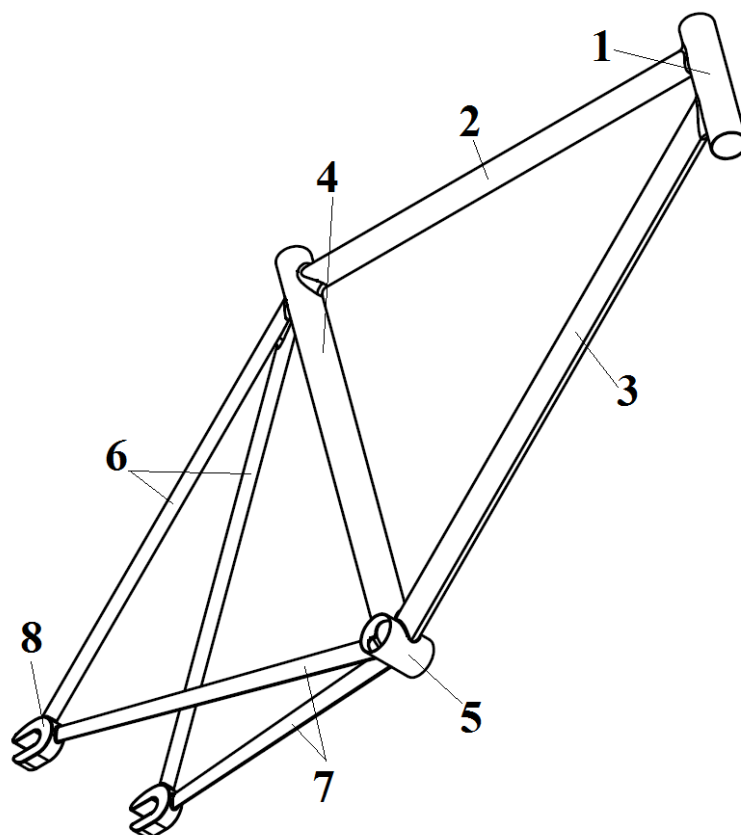
Obrázek 1 – *Model klasického rámu jízdního kola*

Rámy kol mohou mít různý tvar, většinou však geometrie vychází z klasického rozložení jednotlivých částí, které je nazýváno podle svého tvaru „diamant“. Přesněji však přední část tvoří složení ve tvaru nepravidelného čtyřúhelníku a zadní složení dva trojúhelníky.

Přední čtyřúhelník rámu tvoří hlavová, vrchní, spodní a sedlová trubka. Sedlová a spodní trubka bývají zároveň připojeny kolmo k ose trubky středového složení. Zadní část složení tvoří dvě totožné části vidlic, které se skládají z trubky rámové vzpěry a řetězové vzpěry, spojené navzájem koncovkou vidlic.

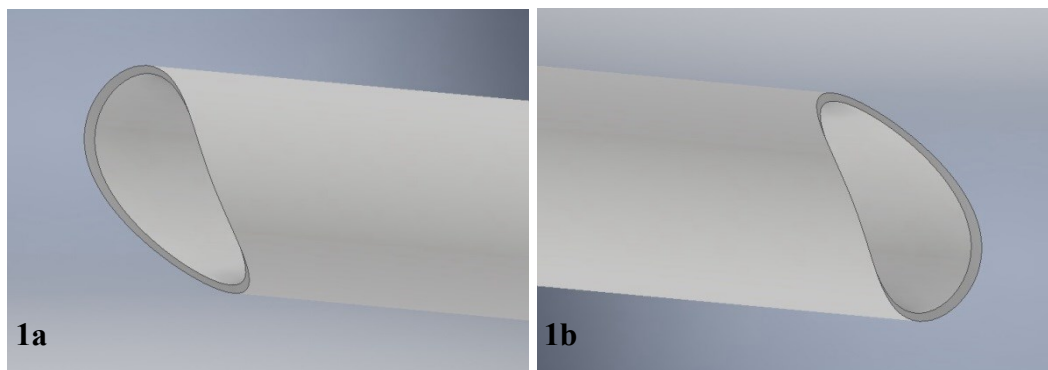
Rámy kol mohou být vyráběny v různých odlišných funkčních variantách, které mají vlastní rozměrové řady. Existuje tedy rozdělení nejen na jízdní kola pro děti nebo

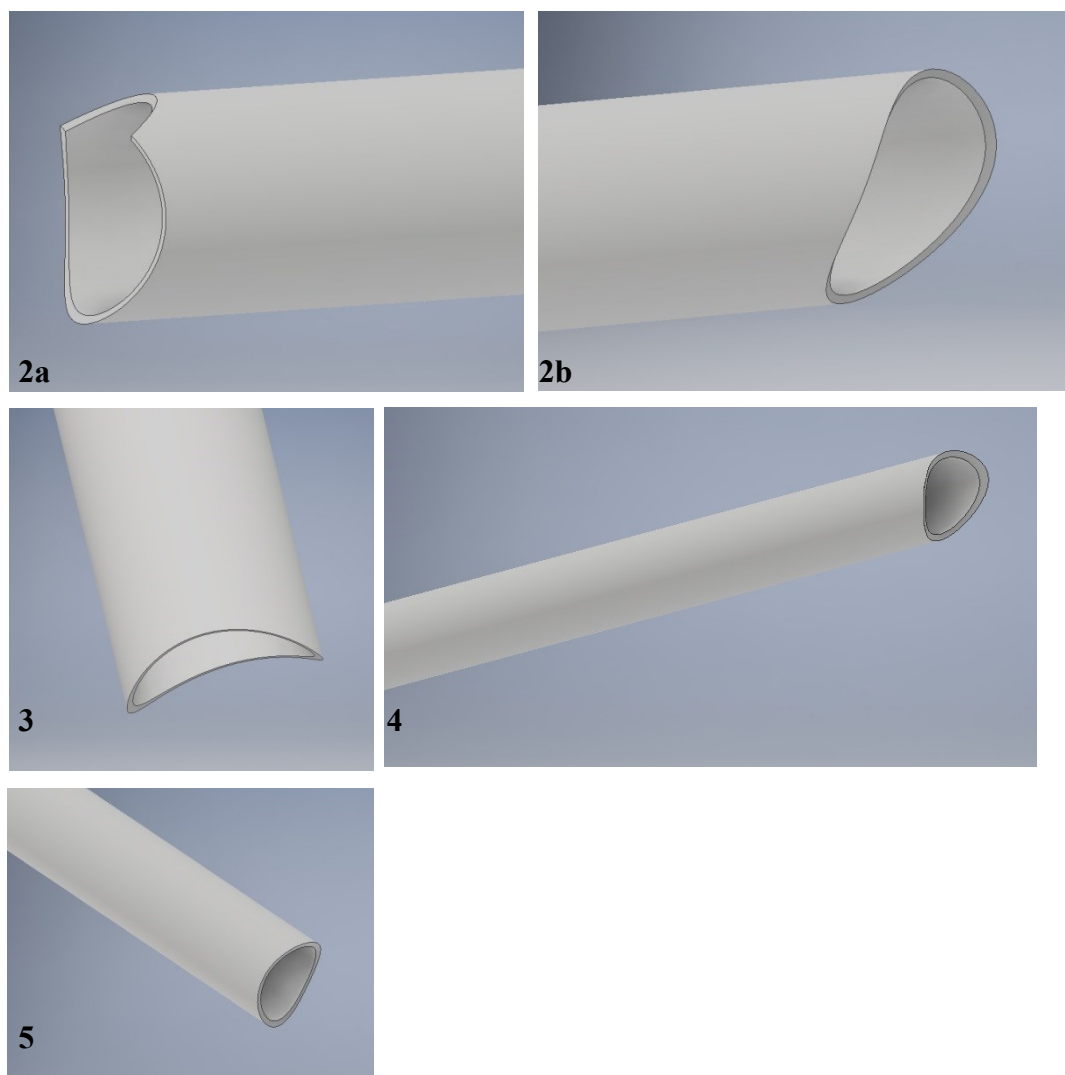
pro dospělé, ale také na modely silniční, horské, trekingové, freestylové, sjezdové a mnohé další. Velikost ráků běžných kol pro dospělé se například pohybují v rozmezích od 35 do 70 cm, což je zároveň rozměr délky sedlové trubky rámu.



Obrázek 2 – Popis částí rámu kola: 1. hlavová trubka, 2. vrchní trubka, 3. spodní trubka, 4. sedlová trubka, 5. středové složení, 6. zadní rámové vzpěry, 7. řetězové vzpěry, 8. koncovky vidlic.

Klasický rám tak vzniká většinou složením 7 profilů trubek o různých délkách ze zvoleného materiálu, jejichž některé konce musí být upraveny konkávním odřezáním pro vytvoření průniků trubek v místech jejich spojení. Tomuto tvarovému řezání musí být přizpůsobeny i způsoby obrábění.





Obrázek 3 – Příklady konkávního odřezání konců jednotlivých trubek: 1a,b. vrchní trubka, 2a,b. spodní trubka, 3. sedlová trubka u středového složení, 4. zadní rámové vzpěry u sedlové trubky, 5. řetězové vzpěry u středového složení.

Přípravené trubky mohou být podle potřeb dále ohýbány, lisovány, konusovány, zeslabovány, případně můžeme jejich tvar tvářet stlačenou kapalinou (hydroforming). Pro účely této práce nejsou varianty těchto úprav, které zvyšují konstrukční variabilitu rámců, brány v potaz.

Spojení trubek se provádí lepením, pájením, pájením do spojek, ale nejčastěji svařováním. [21] Před svařováním jsou konce trubek očištěny nerezovým kartáčem a odmaštěny v lihu. Pro svaření jsou jednotlivé obrobené části umístěny do upínacího přípravku, ve kterém jsou jejich vzájemné polohy nejdříve zajištěny bodovými svary a poté postupně svařeny.

3. Svařování hliníkových rámců

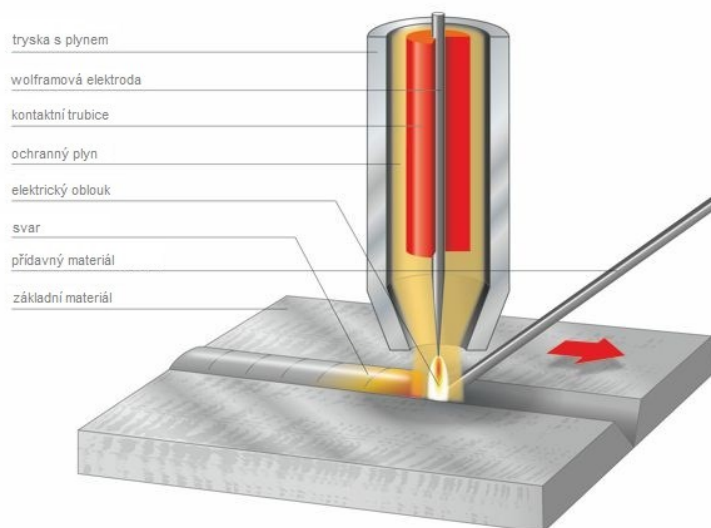
Při svařování hliníku se setkáváme se specifickými problémy. Ty jsou dány především vlastnostmi samotného hliníku a jeho slitin. Je to jeho afinita ke kyslíku, tvorba Al_2O_3 na povrchu s vysokým bodem tání a problém se sledováním vneseného tepla, které ztěžují svařování. Při svařování je třeba brát ohled na velkou tepelnou vodivost hliníku, nízký modul pružnosti a jeho schopnost v tekutém stavu rozpouštět vodík. [3] [23]

Pro svařování je doporučováno dodržování určitých podmínek:

- používat pouze inertní plyny, ne ochranné plyny s vodíkem,
- čistit svařovaný povrch těsně před svařováním, aby zde byla co nejmenší vytvořená vrstva Al_2O_3 ,
- svar nepřehřívat, pracovat co nejrychleji aby nedošlo k navodíkování,
- omezit neprůvary na počátku svařování použitím správné techniky (předehřev, pomalý start, vyšší startovací proud),
- pokud to metoda dovoluje odstraňovat vrstvy kysličníku přímo při svařování (puls a obrácená polarita u elektrického oblouku, využití střídavého proudu u TIG svařování). [23]

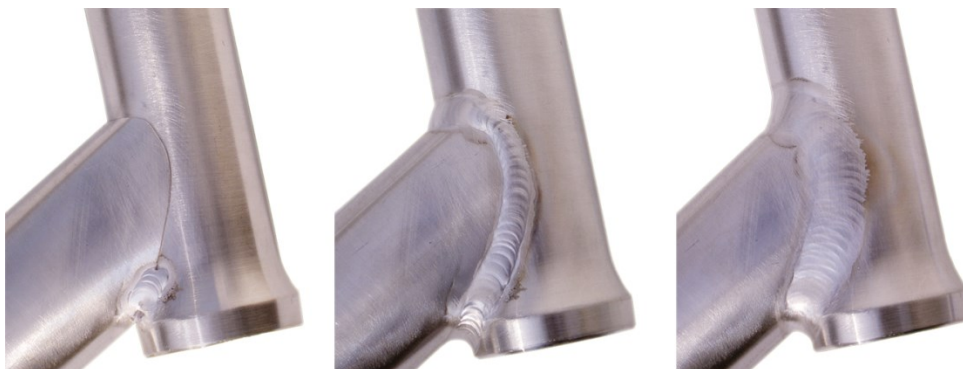
Vhodnými a nejvíce užívanými metodami svařování hliníkových slitin jsou proto metody obloukového svařování v ochranných atmosférách. Při těchto metodách, ke kterým patří metody TIG (WIG), MIG a MAG, chrání ochranný plyn odtavovaný přídavný materiál, svarovou lázeň a základní materiál před působením okolní atmosféry. Při svařování metodou TIG se vytváří elektrický oblouk mezi netavicí se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Ochrannou atmosféru zajišťuje argon, helium nebo jejich směsi. Přídavným materiálem jsou tyčky (pro ruční svařování), nebo dráty navinuté na cívkách podavače (pro mechanizované svařování, aby se zvýšil výkon svařování). Tyto materiály jsou nabízeny v širokém sortimentu s různými legujícími prvky. Při tomto svařování lze také použít tavidel. Při metodách MIG a MAG se vytváří elektrický oblouk mezi základním materiálem a tavicí se elektrodou, která je dodávána jako přídavný materiál ve formě plného nebo plněného drátu na cívkách. Ochrannou atmosféru v metodě MIG tvoří stejné inertní plyny jako u svařování TIG. U metody MAG se používá chemicky aktivní plyn CO_2 , směsné plyny na bázi argonu s příměsemi malého množství O_2 , CO_2 , nebo vícesložkové. [3]

Pro svařování materiálů z hliníkových slitin s tloušťkou od 1 do 10 mm je nejčastěji užívanou technologií svařování metodou TIG. Tato metoda svařování rámu kol poskytuje svary té nejvyšší kvality. Metoda TIG je proto používána také u zjišťovaných malovýrobů jízdních kol v České republice. Pro dosažení té nejvyšší kvality spojů se používá pouze ručního způsobu svařování zkušenými svářeči, automatické svařování není využíváno.



Obrázek 4 – *Princip svařování TIG* [25]

Aby se předcházelo vzniku problémů u svařování hliníkových slitin, je potřeba vyloučit veškeré zdroje vodíku a vlhkosti, dbát na čistotu materiálu a prostředí, ve kterém se svařuje. Důležitá je i volba správného přídavného materiálu. Při samotném svařování je potřeba používat zdroj, který pomocí změny polarit v průběhu svařování čistí povrch od vytvářejícího se kysličníku. Pro zamezení vzniku horkých trhlin je potřeba dodržovat tepelný režim. Svary trubek rámu by také neměly být provedeny jednou tlustou svarovou housenkou, ale nejméně dvěma nižšími vrstvami. [3] [23]



Obrázek 5 – *Příklad svaření trubek v rámu ve firmě Duratec* [18]

4. Metody obrábění kovů

Metody obrábění kovů lze rozdělit podle různých hledisek. Jedním ze základních dělení může být řazení obráběcích metod podle toho, zda pro úběr materiálu využívají mechanickou práci, nebo jsou opracovávány jinými fyzikálními a chemickými procesy, tedy dělení na konvenční (někdy také označované jako tradiční) a nekonvenční (progresivní) metody. Z hlediska celkového procesu lze jednotlivé metody zařadit do fáze přípravy polotovaru, samotného strojního obrábění nebo mezi dokončovací operace.

4.1 Konvenční obrábění kovových materiálů

Jsou to metody charakteristické především používanou mechanickou prací a kromě některých výjimek také fyzickým úběrem materiálu na základě silového působení na obrobek.

Metody obrábění využívané ve fázi přípravy polotovaru:

- rovnání,
- orýsování,
- dělení materiálu
 - řezáním,
 - frikčními pilovými kotouči,
 - rozbrušováním,
 - stříháním,
 - řezáním kyslíko-acetylenovým plamenem. [5]

Metody samotného strojního obrábění kovů:

- soustružení,
- frézování,
- vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování,
- vyvrtávání,
- hoblování a obrážení,
- protahování a protlačování,
- výroba závitů,

- výroba ozubených kol,
- broušení. [5]

Metody pro dokončovací operace:

- honování,
- lapování,
- superfinišování,
- leštění,
- omílání,
- válečkování, kuličkování a otryskávání. [5]

4.1.1 Frézování

Metody frézování patří spolu se soustružením k nejvíce rozšířeným technologiím obrábění všech tvarů ploch. Frézování se vyznačuje velkým výkonem a současně velmi dobrou kvalitou obráběných ploch. Patří k třískovému obrábění, tříska je odebírána břity frézy. Hlavní rotační pohyb zde vykonává nástroj. Obrobek obvykle vykonává vedlejší posuvný pohyb. [2]

Frézování můžeme rozdělit podle:

- vzájemné polohy osy nástroje k obrobku na:
 - čelní frézování
 - válcové frézování
- smyslu otáčení nástroje na:
 - sousledné
 - nesousledné [2]

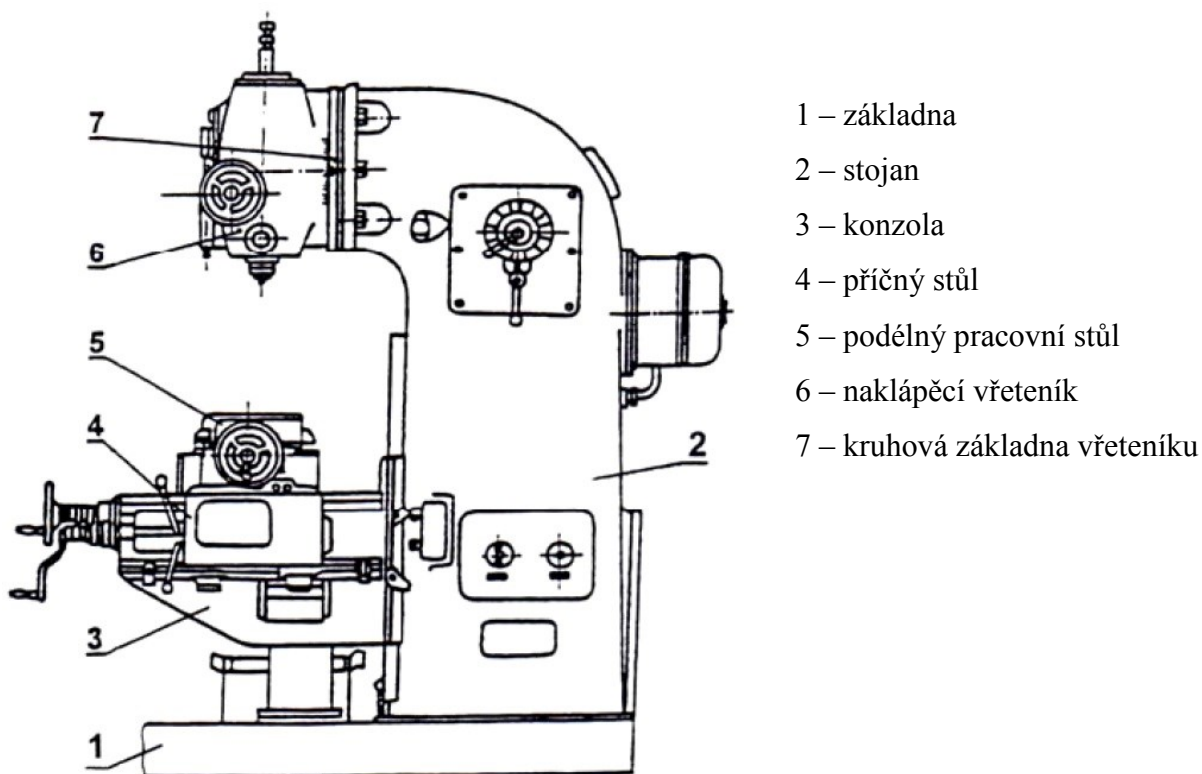
Nástroje – frézy – můžeme rozdělit podle různých hledisek, například podle ploch, kde leží jejich ostří na:

- válcové,
- čelní,
- válcové čelní. [2]

Dalšími způsoby rozdělení fréz může být hledisko materiálu, z kterého je vyrobena, podle způsobu výroby zubů, podle směru zubů k ose rotace, počtu zubů, konstrukčního uspořádání, způsobu upnutí, smyslu otáčení a jiné. [2]

Stroje – frézky – lze rozdělit na:

- konzolové,
 - vodorovné
 - svislé
 - univerzální
 - nástrojářské
- stolové,
- rovinné,
- speciální.
 - na ozubení
 - na závity
 - na drážky
 - na vačky
 - pantografické [2] [5]



Obrázek 6 – Popis částí svislé konzolové frézky [2]

4.2 Nekonvenční metody obrábění kovových materiálů

Tyto metody jsou charakteristické tím, že většinou nevyužívají mechanickou práci nástroje pro úběr materiálu. Jsou založeny na fyzikálních, chemických nebo fyzikálně-chemických principech, zakládajících se na zákonitostech o erozi materiálu. Nedochozí zde také k přímému kontaktu nástroje s materiálem, jeho eroze je způsobována tepelným účinkem metody obrábění, jejím elektrochemickým nebo chemickým účinkem, nebo mechanickým účinkem proudu paprsku média. [7] [8]

Progresivní metody se začaly rozvíjet především z důvodu nutnosti opracovávat materiály, které jsou jinými způsoby obrábění těžko opracovatelné, a to především kvůli vlastnostem samotného materiálu, ale také z důvodu potřeby obrábění komplikovaných tvarů výrobků. Jejich vývojem došlo ke zdokonalení tvarové a rozměrové přesnosti těchto metod a v současnosti bývají běžnou součástí strojního vybavení strojírenských podniků. Pro jejich přesnější používání a lepší řízení se využívají CNC řídicí systémy. [8]

Podle formy energie, která se pro obrábění využívá, se dají rozdělit na:

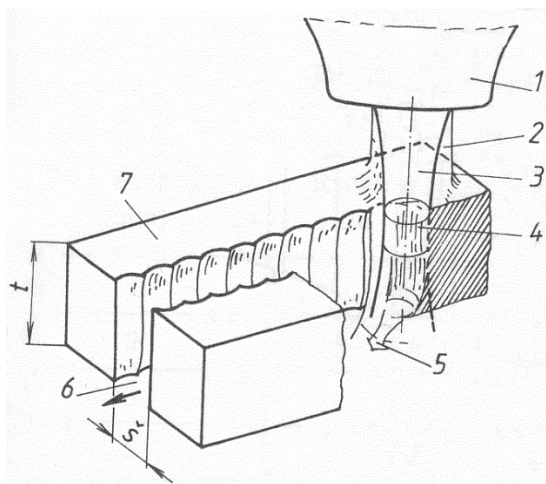
- způsoby obrábění využívající mechanické procesy,
 - obrábění ultrazvukem (USM)
 - obrábění vodním paprskem (WJM)
 - obrábění proudem abraziva (AJM)
 - obrábění proudem vody s abrazivem (AWJM)
 - obrábění ledovým vodním paprskem (IJM)
- způsoby obrábění využívající chemické účinky,
 - chemické obrábění (CM)
 - fotochemické obrábění (PCM)
- způsoby obrábění využívající elektrochemické účinky,
 - elektrochemické obrábění (ECM)
- způsoby obrábění využívající tepelné účinky.
 - elektroerozivní obrábění (EDM)
 - obrábění laserovým paprskem (LBM)
 - obrábění elektronovým paprskem (EBM)
 - obrábění paprskem plazmy (PBM)
 - obrábění iontovým paprskem (IBM) [4] [8]

4.2.1 Řezání laserem

Při řezání laserem je jeho paprsek do řezu přenášen soustavou zrcadel a v pracovní hlavě je zaostřován čočkou. Způsoby řezání, které laser využívá, mohou být:

- sublimační – materiál je vřezu odstraňován odpařováním,
- tavné – materiál je roztaven a asistentním plynem odfukován,
- pálením – materiál shoří v exotermické reakci, struska je odfukována asistentním plynem. [6]

Dosahovaná rychlost řezání zcela závisí na způsobu řezání, výstupním výkonu paprsku, požadované kvalitě řezu, tloušťce a druhu obráběného materiálu. Jakost řezané plochy se dosahuje v hodnotách R_a 3,6 až 12 μm , tloušťka tepelně ovlivněné vrstvy bývá 0,05 až 0,2 mm. Šířka řezné spáry závisí na druhu laseru, na druhu a tloušťce materiálu a bývá 0,02 až 0,2 mm. [6]

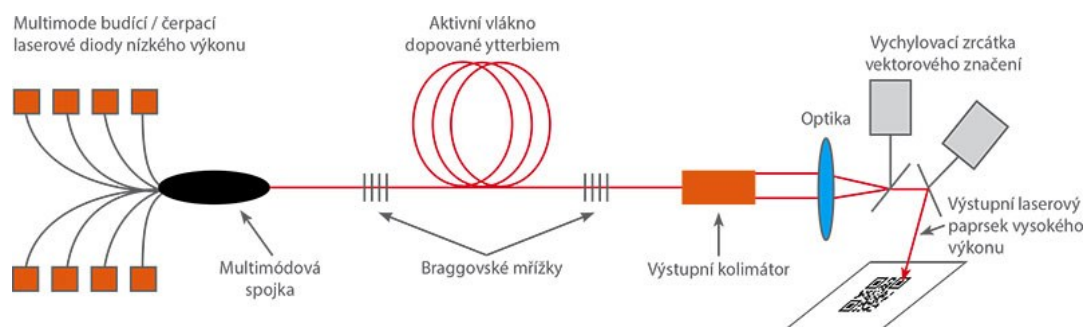


Obrázek 7 – Schéma řezání materiálů laserem: 1 - řezací tryska, 2 - asistentní plyn, 3 - paprsek laseru, 4 - poloha ohniska zaostření paprsku laseru, 5 - odtavený materiál, 6 - řezná spára, 7 - obrobek [6]

Tabulka 3 – Základní přehled typů laserů použitelných při aplikaci řezání [28]

Laser	Vlnová délka (nm)	Buzení	Účinnost	Režim	Výkon / Energie	Údržba	Životnost (h)
Nd:YAG	1064	laser. diody	~7%	kontinuální	až 6kW	ano	~10 000
CO ₂	10 600	radio frekv.	~10%	kontinuální / pulsní	až 5kW (slab)	ano	~20 000
		elektricky	~25%		až 20kW (průtočné)		--
Diskový	1070	laser. diody	~15%	kontinuální	až 16 kW	ano	~10 000
Vláknový	1070	laser. diody	~30%	kontinuální	až 80 kW	ne	~100 000

V tabulce není uveden diodový typ laseru, který se ale díky svému výkonu využívá spíše ke svařování, kalení a nanášení vrstev. Z tabulky vyplývá vhodnost použití typu vláknového laseru, který dosahuje také nejvyšších účinností a jeho životnost je oproti ostatním obrovská. Dalšími výhodami bývají menší prostorové nároky, vysoká kvalita laserového svazku a nízké provozní náklady. U těchto laserů dochází k účinnějšímu a intenzivnějšímu způsobu chlazení, protože chladicí vzduch působí na vlákno i v několikametrové délce. Nedostatkem může být vyšší pořizovací cena. [27] [28]



Obrázek 8 – Princip vláknového laseru [27]

5. Technologické a ekonomické podmínky pro výběr vhodné technologie

5.1 Technologické podmínky

Pro výběr vhodné technologie a obráběcího stroje musíme určit podmínky, při kterých dosáhneme požadovaného výsledku obrábění. V úvahu musíme vzít především to, jaký materiál bude obráběn, jakou kvalitu obráběné plochy chceme dosáhnout, v jaké přesnosti budeme obrábět, jaké jsou tvarové vlastnosti materiálu, jaká je výrobnost při použití dané technologie a další důležité technologické podmínky (například tepelné ovlivnění povrchu). [7]

Jednou z vlastností hliníkové slitiny, která bude mít vliv na použitou technologii, je její nízká tvrdost. Uvedený materiál slitin s příměsí Zn například dosahují měřených hodnot tvrdosti pouze HB 110, materiál s Mg dokonce jen HB 85.

Tato vlastnost není překážkou pro většinu konvenčních metod obrábění, avšak nekonvenční metody obrábění jsou především vhodné pro velmi tvrdé materiály a v některých případech to u některých materiálů limituje použití daného způsobu obrábění. Například pro technologie obrábění ultrazvukem je požadavkem na materiál, aby jeho tvrdost byla alespoň 35 HRC (odpovídá asi HB 327). Materiál pro tyto metody by měl být nejlépe také žárupevný, odolný v různých agresivních prostředích a měl by mít vysokou otěruvzdornost. U použitých hliníkových slitin jsou tyto parametry nižší, proto jejich vlastnosti mohou také omezovat použití progresivních metod obrábění. [4] [7]

Materiálem, který budeme obrábět, jsou trubky, které mají pro účely porovnání v této práci kruhový průřez. Odřezaný konec trubky bude mít tvar 3D výřezu a z tohoto hlediska bylo potřeba zvolit takovou technologii, která by umožnila obrobit plochu do co nejpřesnějšího tvaru, který dosedá na válcovou plochu trubky, ke které bude přivařena. Tato plocha je ve své ose buď kolmá k ose obráběné trubky, nebo s ní svírá určitý úhel. Velmi vhodnými konvenčními stroji jsou například ty, které obsahují frézovací nebo vrtací rotační nástroj o průměru odpovídajícím tvaru požadované obrobené plochy. Při frézování by tedy nástroj vykonával kromě rotačního řezného pohybu pouze vedlejší řezný pohyb – posuv v ose otáčení – stejně jako pohyby při vrtání. Výhodou tohoto způsobu

je to, že k obrábění není potřeba složitých strojů pro víceosé obrábění. Tvar materiálu, jeho malé vnější rozměry a malá tloušťka zároveň značně omezují použití většiny nekonvenčních technologií pro jejich vysoké výkony. Vhodnou nekonvenční metodou, která je v současnosti u těchto materiálů k 3D tvarovému obrábění přímo používána, je laserové řezání.

Z hlediska výkonnosti procesů obrábění frézovacími nástroji i laserového řezání jde o dostatečně rychlé způsoby obrobění konců trubek do požadovaného tvaru, které je závislé především na jejich řezné rychlosti. Také dosažená kvalita obrobeného povrchu a jejich rozměrová přesnost je u obou technologií srovnatelná a vyhovující požadovanému účelu. Takto obrobené povrchy nebývají před svařování již dále žádným jiným způsobem obráběny.

5.2 Ekonomické podmínky

Při použití technologie v tomto obráběcím procesu se provozovatel rozhoduje na základě ekonomických nákladů na dané zařízení. To zahrnuje pořizovací náklady na koupi zařízení, jeho doplňkové vybavy, provozní a servisní náklady. Pořizovací náklady bývají prvním parametrem, podle kterého se rozhoduje o pořízení technologie. Tato cena však nemusí být úplná, je do ní potřeba zahrnout nákup doplňkových částí, které se zařízením budou tvořit technologický celek – řídicí systém včetně softwaru, polohovací zařízení a další komponenty, které umožňují efektivně používat zařízení. Pořizovací ceny se mohou velmi lišit v závislosti na výrobci, konstrukci stroje, stupně automatizace a řízení, množství vybavy, výkonu, velikosti pracovní plochy atd.

Provozní náklady v sobě zahrnují spotřebu nástrojů, médií a energií v průběhu provozu zařízení. Je potřeba si uvědomit, že výběrem správné varianty stroje lze ovlivňovat i tyto vstupy. Nižší provozní náklady mohou být dosahovány například tím, že v technologii nejsou používány a spotřebovávány nástroje (např. u zmiňovaného řezání laserem). Nižších nákladů dosahují také zařízení, které kupříkladu disponují uzavřeným okruhem kapalného média, s ohledem na jeho cenu. [7]

Celkové náklady jsou ovlivněny i mzdovými náklady obsluhy strojů, které se do ceny výrobku započítávají. Tyto náklady se mohou u různých strojů lišit, například u operátorů obsluhujících CNC lasery je potřeba vyšší kvalifikace, než u obsluhy tradičních frézovacích strojů.

Pro správnou funkci zařízení v době jeho životnosti jsou důležité pravidelné, předepsané kontroly a výměny součástek, komponentů a procesních médií. Náklady na tyto činnosti zahrnují servisní náklady, které jsou také součástí celkových nákladů na provoz dané technologie. Část tohoto servisu může být pořizována spolu se zařízením jako součást záruky, případně předplaceného servisu.

Protože zařízení těchto progresivních technologií zabírají většinou i několik desítek metrů čtverečních plochy závodu, je potřeba počítat i s těmito prostorovými nároky na pracoviště. [7]

6. Cíl práce

Cílem této práce je na základě přehledu o používaných technologiích obrábění hliníkových slitin vyhodnotit stávající způsoby zpracování trubek pro následné svařování rámu jízdních kol a navrhnout další vhodnou technologii obrábění. Pro všechny zjišťované technologie je potřeba určit vhodné obráběcí stroje a jejich technické parametry. Tyto technologie je potřeba mezi sebou porovnat a určit vhodnost pro daný způsob obrábění, zda podmínky technologie i dosahované hodnoty umožňují kvalitně obrobit zakončení trubek pro následné svařování. Ze zjištěných ekonomických parametrů je poté třeba určit, který ze způsobů obrábění zakončení hliníkových trubek je nejvíce efektivní pro daný rozsah a druh výroby.

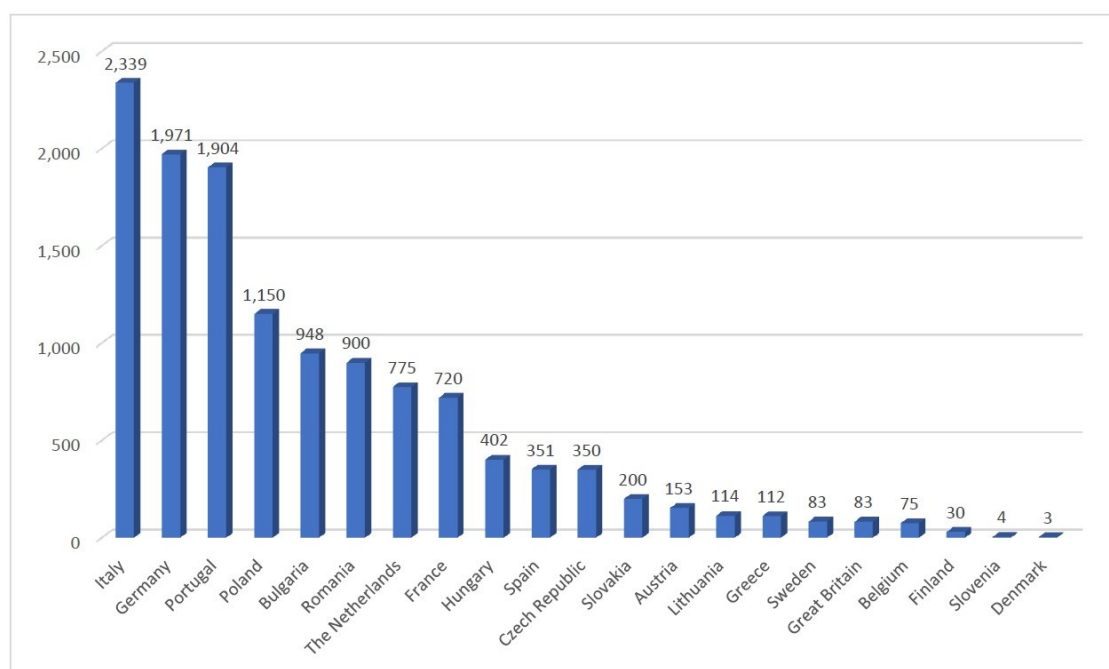
Do porovnávaných parametrů je potřeba započítat náklady vzniklé za stejnou časovou jednotku, počet vyrobených kusů za tento časový úsek v jednotlivé technologii a v kalkulaci zjistit náklady jednoho kusu pro každý sledovaný způsob obrábění. Cílem je také získat představu o tom, jakým způsobem konečnou cenu ovlivňuje velikost obráběné dávky materiálu. Pro přehlednost jsou zjišťovány celkové roční náklady při stanoveném objemu výroby a velikost úspory prostředků při vzájemném porovnání s novými technologiemi.

Dále je také zjišťováno, zda tento způsob obrábění je možné outsourcovat, za jakých podmínek, jestli výrobci přináší výhodu a úsporu při stanovené obráběcí dávce.

Také jsou zjišťovány změny ceny u nové technologie v porovnání k předchozím zjištěným cenám při změně podmínek kalkulace zkrácením doby návratnosti investice na pořízení nové technologie.

7. Rozbor a analýza stávající technologie

Problémem v tématu zpracovávané práce je specifikum daného typu výroby v naší republice. V Československu bylo například v roce 1987 vyrobeno více než 754 tisíc jízdních kol, u kterých šlo z převážné většiny o jejich kompletní výrobu. V roce 2016 Česká republika podle Evropské asociace výrobců jízdních kol CONEBI vyrobila asi 350 tisíc kol. Bohužel v tomto objemu jsou v současnosti obsaženi z větší části výrobci, kteří jízdní kola sestavují z dovezených komponent, případně dovážejí téměř kompletní kola. Nejčastěji jsou dováženy právě rámy kol, jejichž výroba je soustředěna především v Číně a na Tchaj-wanu. Po jejich odečtení by zbylá produkce mohla být odhadována na několik jednotlivých tisíc výrobků. Největšími z těchto zbylých malovýrobců, kteří si sami vyrábí rámy jízdních kol z hliníkových slitin, jsou firmy Race Bike s.r.o. (asi 600 kol ročně) a Duratec s.r.o. (okolo 2000 kol ročně). [9] [16] [29] V obou společnostech mi však, z důvodu ochrany vlastního „know-how“, odmítli poskytnout bližší informace ke způsobu zpracovávání trubek rámu.



Graf 1 – *Produkce jízdních kol v jednotlivých zemích EU v tis. ks za rok 2016* [16]

Duratec

Firma Duratec byla založena v roce 1992 Milanem Duchkem a v současnosti je největší českou firmou vyrábějící jízdní kola s vlastními hliníkovými rámy. Sídlí v Touškově u Plzně,

kde má výrobní a vývojové centrum. Zaměřují se na ruční výrobu a vývoj rámu kol z hliníkové slitiny EN AW-7020 T6 a kompozitů z uhlíkových vláken. Kola vyrábí na míru dle individuálních požadavků zákazníků, jsou schopni nabízet modifikace geometrie rámu na základě měření správné polohy cyklisty na kole vlastním měřicím a výpočetním systémem (FOG Systém) a přizpůsobit také technické požadavky na rám, výběr komponent a barevné provedení. Vlastní design kola, sestavu komponent a správnou geometrii lze vybrat také pomocí konfiguratoru Bike Designer na webových stránkách firmy. Díky stálému vývoji, marketingu a reklamě rozšiřují svou produkci, z níž většina je určena pro export do zahraničí. [9] [17]



Obrázek 9 – Příklad současné produkce firmy Duratec s.r.o. (model COOL R14) [20]

Race Bike

Firmu Race Bike (RB bike) založil v roce 1991 Roman Bartosz ve Strakoniciích. Odtud později přemístila svou výrobu do Jezdkovic u Opavy. Rámy kol jsou zde vyráběny ručně pouze z hliníkové slitiny EN AW-7020 T6. Produkce se zaměřuje na sjezdová kola, která využívají vlastní technologii odpružení a dalších vylepšení. Kromě sestavených kol vlastní řady si lze kolo na míru s vybranými komponenty a barevným provedením sestavit přes RB konfigurator na webu výrobce. Firma nadále rozšiřuje svoji výrobu, značka kol pronikla i na zahraniční trhy. Kromě výrobní produkce pokračuje také ve vlastním vývoji převodového systému a odpružení. [29] [30]



Obrázek 10 – Příklad současné produkce firmy Race Bike s.r.o. (model CRR 290) [31]

Pro nedostatek informací z firem, kde jsou obráběny trubky z hliníkových slitin ke stavbě rámu jízdních kol, je jako stávající technologie vybráno opracovávání konců trubek stejným způsobem jako ve firmě Race Bike. Jednotlivé profily jsou zde děleny mechanicky na délku a jejich konce tvarově upravovány frézováním na konzolové frézce, aby mohly být jejich průniky svařeny do konečného rámu. [29] Dále uváděné parametry byly zjišťovány v obdobných provozech jiných firem se srovnatelným strojním vybavením.



Obrázek 11 a 12 – Obrábění nástrojářskou frézou FN 22 ve firmě Race Bike [29]

Pro obrábění hliníkových trubek, které odpovídá stávajícímu stavu ve výše jmenované firmě, bylo navrženo frézování jejich zakončení na frézce čelní válcovou frézou. Pro posouzení a zjištění parametrů tohoto způsobu frézování byla na odborném pracovišti Střední školy železniční, technické a služeb v Šumperku vybrána svislá konzolová frézka FA 3 AV.



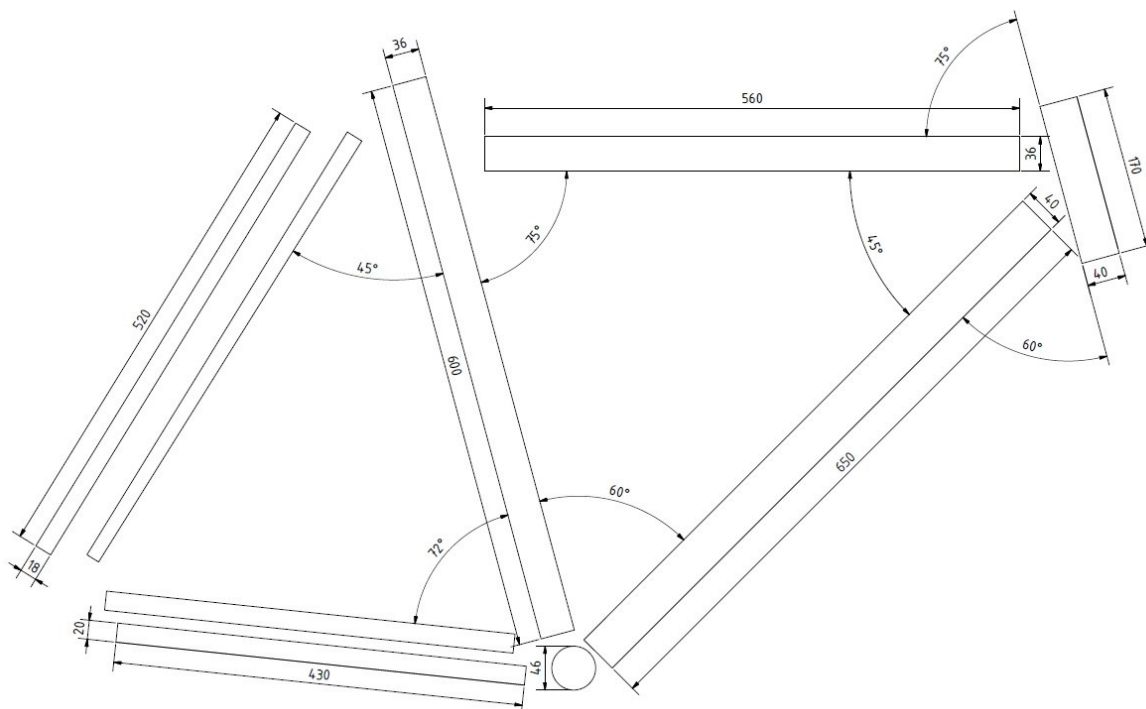
Obrázek 13 – Pohled na svislou konzolovou frézku FA 3 AV v SŠŽTS Šumperk

Tabulka 4 – Technické parametry svislé konzolové frézky FA 3 AV

Výrobce	TOS Olomouc
Rok výroby	1988
Upínací plocha stolu	300 x 1375 mm
Podélný pohyb stolu - osa x	890 mm
Příčný pohyb stolu - osa z	275 mm
Svislý pohyb stolu - osa y	400 mm
Upínací drážky stolu	počet - 3
	šířka x rozteč - 14 x 63 mm
Kužel vřetena	ISO 40
Natočení vřeteníku na obě strany	45°
Pracovní posuv - počet stupňů	13
Rychloposuv x/z/y	2800 mm/min
Max. hmotnost obrobku	250 kg
Celkový příkon stroje	vřeteno 4 kW
	posuvy 1,1 kW
Hmotnost stroje	1960 kg
Půdorysná plocha stroje	2710 x 2010 mm

Alternativou k obrábění na uváděném typu konzolových frézek mohou být v současnosti použity jako vhodnější CNC frézky, které jsou uvedené operace schopny zvládnout v méně jak polovičním čase. Nevýhodou je však jejich vyšší cena.

Příklad výrobního postupu úpravy trubek rámu na svislé konzolové frézce



Obrázek 14 – Návrh rozměrů a počty trubek připravené před obráběním jejich konců

Před frézováním budou trubky z celkové délky jednotlivých profilů materiálu rozřezány pásovou pilou na potřebnou délku podle návrhu na obrázku 14. Tímto způsobem pro frézování zakončení trubek pro kompletní rámy připravíme 5 různých délek trubek s různými průměry. Do počtu nezapočítáváme hlavové trubky a trubky středových složení, které tímto způsobem opracovávat nebudeme. Trubky zadních rámových a řetězových vzpěr budou připraveny po dvou. Tyto trubky rámu budou připraveny v množství dle obráběné dávky.

Dávka **vrchních trubek rámu** o délkách 560 mm a o průměru 36 mm se připraví k obráběcímu stroji. Na pracovní stůl frézky se do vodorovné polohy upevní upínací přípravek, sestávající z pevného strojního svěráku a nastavitelné zadní opěrné části. Do upínače vřetená frézky se upne čelní válcová fréza o $\varnothing 36$ mm. Vřeteník frézky se naklopí do úhlu 15° od své svislé osy. Na frézce se nastaví příslušné parametry pro frézování. Do upínacího přípravku jsou postupně vkládány trubky a frézováním se upraví konce všech

trubek dávky. Trubky se z přípravku vyjmou. Nastaví se zadní opěrná část upínacího přípravku. Ve vřetenu je vyměněna fréza o \varnothing 40 mm. Do upínacího přípravku se opačně vkládají trubky dávky a jejich konce jsou opracovány. Trubky jsou opět z přípravku vyjmuty.

K obráběcímu stroji se připraví dávka **spodních trubek rámu** o délkách 650 mm a o průměru 40 mm. Nastaví se zadní opěrná část upínacího přípravku. Vřeteník frézky se naklopí do úhlu 30° od své svislé osy. Do upínacího přípravku jsou postupně vkládány trubky a frézováním se upraví konce všech trubek dávky. Trubky se z přípravku vyjmou. Přenastaví se zadní opěrná část upínacího přípravku. Vymění se fréza o \varnothing 36 mm. Trubky jsou opačně postupně vkládány do přípravku, frézovány a odebírány. Upínací přípravek je posunut do polohy pro svislé frézování a přenastaví se jeho opěrná část. Vřeteník se vrátí do svislé polohy. Vymění se fréza o \varnothing 46 mm. Všechny trubky dávky se vkládají pootočené o 90° a jsou opět postupně frézovány.

Je připravena dávka **sedlových trubek** o délkách 600 mm a o průměru 36 mm. Přenastaví se zadní opěrná část upínacího přípravku. Trubky jsou postupně vkládány do přípravku, svisle frézovány průměrem frézy 46 mm a odebírány.

Ke stroji se připraví dávka trubek **zadních řetězových vzpěr** o délkách 430 mm a o průměru 20 mm. Zadní opěrná část upínacího přípravku se nastaví na daný rozměr. Trubky jsou opět postupně vkládány do přípravku, svisle frézovány nastaveným průměrem a odebírány.

Jako poslední část jsou připraveny **zadní rámové vzpěry** o délkách trubek 520 mm a o průměru 18 mm. Upínací přípravek se posune na pracovním stole frézky do správné polohy, osa upínaných trubek bude posunuta o 18 mm mimo osu středu frézy, nastaví se zadní opěrná část na daný rozměr. Do upínače vřetena frézky se upne čelní válcová fréza o \varnothing 36 mm. Vřeteník frézky se naklopí do úhlu 45° od své svislé osy. Trubky jsou vkládány do přípravku, frézovány v daném úhlu a odebírány.

Upínací přípravky

Přípravné a manipulační časy při přípravě hliníkových trubek k frézování jejich konců na konzolové frézce závisí také na použitém příslušenství, které k jejich upínání budeme používat. Ve výše uvedeném postupu byly použity upínací přípravky, které jsou na stůl frézky umísťovány pevně ve vodorovné poloze, bez možnosti jejich nastavení po upevnění. Existují však variantní řešení upínacích přípravků, které disponují rychlejším způsobem

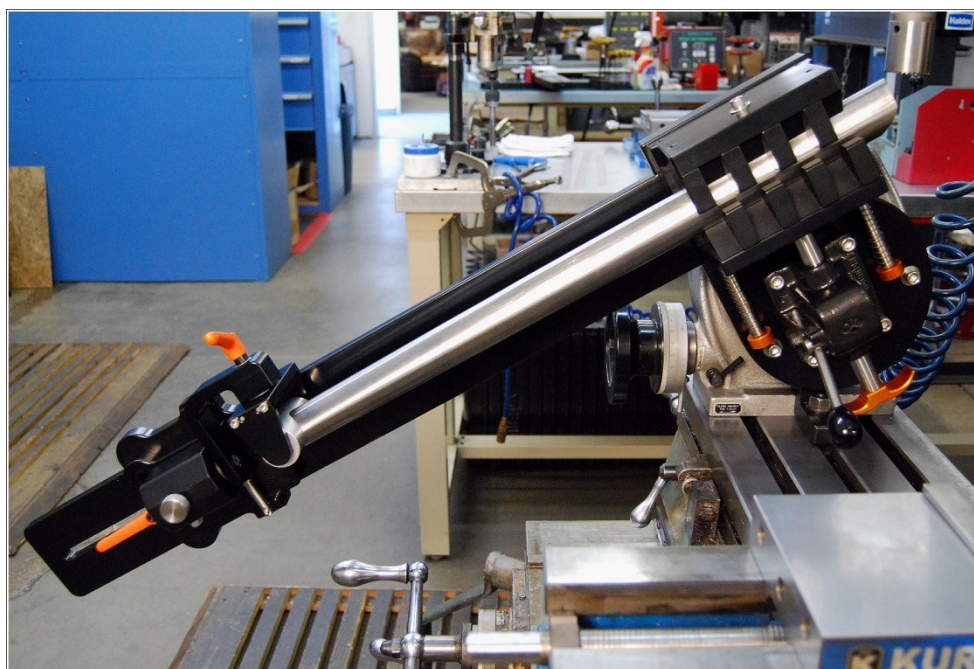
upínání a nastavením obráběné trubky přímo na stole frézky do požadovaného úhlu pro obrábění. Příkladem mohou být například upínací přípravky firmy Anvil Bikeworks, jako jsou univerzální upínací systém pro vyřezávání hlavních trubek rámu (Universal Main Tube Mitering Fixture), upínací systém pro vyřezávání rámových vzpěr (Seat Stay Mitering Fixture), nebo upínací systém pro vyřezávání řetězových vzpěr (Chain Stay Mitering Fixture). Tyto speciální přípravky jsou navrženy přímo k uvedenému účelu tak, aby se při obrábění mohlo pracovat s vyšší rychlostí, efektivností a přesností. Přípravky slouží k tomu, aby se výrobce vyhnul zdlouhavému a obtížnému upínání a nastavování přípravků a také minimalizoval možné chyby tohoto procesu. U univerzálního upínacího systému pro vyřezávání hlavních trubek rámu se tento přípravek jednorázově nastavuje na pracovní stůl do přesné pozice k vřeteníku frézky. Jednotlivé pozice úhlů jsou pak měněny pomocí otočného stolu samotného upínacího přípravku. [32] [33] [34]



Obrázek 15 – *Upínací systém pro vyřezávání rámových vzpěr firmy Anvil Bikeworks* [32]



Obrázek 16 – *Upínací systém pro vyřezávání řetězových vzpěr
od firmy Anvil Bikeworks [33]*



Obrázek 17 – *Univerzální upínací systém pro vyřezávání hlavních trubek rámu
firmy Anvil Bikeworks [34]*

8. Návrh nové vhodné technologie

8.1 Laser pro řezání profilů a trubek

Vhodnou technologií, která byla pro účel úpravy trubek rámců vybrána, je laserové řezání. Technologie byla vybrána také s ohledem na rozšiřující se používání těchto strojů ve výrobcích a na nové možnosti řezat jimi uvedené profily materiálů. Základní údaje a parametry laserového řezání byly ověřeny ve firmě KOSTKA – kolobka, s.r.o., u stroje TruLaser Tube 5000 fiber německého výrobce TRUMPF.

KOSTKA – kolobka

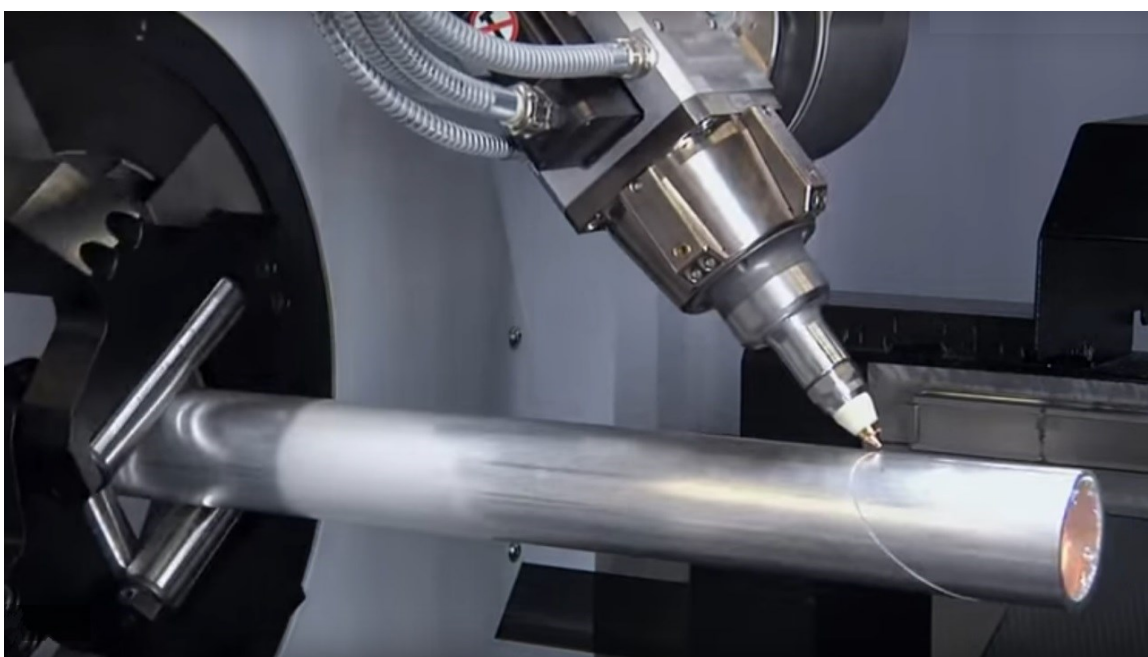
Firma KOSTKA – kolobka byla založena v roce 1992 v Potůčnicku u Hanušovic a jejím oborem podnikání byla kovovýroba a zámečnictví. Později zde byla zahájena výroba rámců jízdních kol pro tuzemské odběratele. Firma se rozšířila do nových prostor a v roce 2002 utlumila pro velmi levné čínské dovozy výrobu rámců a zahájila výrobu vlastních koloběžek. V minulosti zde byla vyráběna i motorová verze koloběžky, jejíž výroba však byla ukončena. Ve svém výrobním programu mají i regálové systémy, které vyrábí ve spolupráci s významnou zahraniční společností. Od roku 2007 rozšiřují vybavení pracovišť o nové progresivní technologie, kterými jsou například laserový stroj ADIGE, robotizované svařovací pracoviště, NC ohýbací centrum a také v současnosti pořízený již zmiňovaný laserový stroj TruLaser Tube 5000. V současnosti je tato firma s výrobou asi 20000 koloběžek ročně naším největším výrobcem těchto dopravních prostředků. V její nabídce jsou koloběžky různých druhů a velikostí, pro děti i dospělé. Společnost vyvíjí nová řešení a je vlastníkem patentů, průmyslových vzorů a tvarů na základě mezinárodního práva patentové ochrany. [38] [39]

Výhodou technologie laserového řezání na stroji TruLaser Tube 5000 je její rychlost, přesnost řezání a možnost zároveň v jedné operaci dělit celou délku dodávaného materiálu na požadovanou délku a upravovat jeho konce do tvaru pro svařování. Při opracovávání trubek na frézce, jak bylo popsáno v předchozí kapitole, je potřeba mít trubky z manipulačních důvodů již předpřipravené na jejich délku řezáním. Z tohoto důvodu lze tuto činnost přeskočit a značně zkrátit celkový čas jejich přípravy.



Obrázek 18 – Celkový pohled na stroj *TruLaser Tube 5000 fiber* [26]

Tento stroj patří způsobem svého řízení k CNC obráběcím strojům. K jeho ovládání se používá řídicí systém Siemens Sinumerik 840D, který je pro své pokročilé funkce používán u všech typů CNC technologií. Jako podklad pro vlastní požadované řezání profilu lze připravit soubor v některém CAD formátu, například STEP, IGS, DXF, DWG. Systém je na jeho základě schopen přizpůsobit rychlost řezání při nestejně tloušťce řezaného materiálu v různých místech dráhy. Zkušený operátor na panelu řídicího systému může dále provádět korekce řezacího procesu.



Obrázek 19 – Řezání výkyvnou tryskou laseru *TruLaser Tube 5000 fiber* [26]

Parametry tohoto stroje splňují technologické požadavky právě pro tento druh opracování hliníkových trubek. Jeho výkyvná hlava s tryskou je schopna řezat v úhlech do 45° v obou směrech, což umožňuje vytvářet požadované úkosity pro svařování. Jestliže počítáme s tloušťkami trubek okolo 2 mm, pak i řezání pod úhlem, kdy se zvětšuje tloušťka v řezu (až na cca 2,8 mm při úhlu 45°), zvládá tento stroj bez problémů. Trubky jsou podávány pomocí sklíčidla se 4 válci, které svírají profil, a jeho pohyb je řízen strojem. Řezací tryska je v blízkosti sklíčidla, kde dochází k dělení materiálu. Řezání lze provádět nejen kolmo, ale je možné vytvářet požadovaný tvar ukončení trubky díky souvislému pohybu trubky vpřed a vzad ve sklíčidle, naklánění trysky a současné rotaci trubky. Laserové stroje dřívějších typů, které neměly řezací trysku výkyvnou, řezaly profily v uváděném výřezu pouze kolmo k ose trubky, což bylo uváděno jako jeden z nedostatků této technologie (například oproti klasickému frézování) a úkosity pro svařování musely být dodatečně zhotovovány jiným způsobem.

Přestože laserové stroje obecně patří k prostorově náročným technologiím, TruLaser Tube 5000 fiber patří k těm s nižšími rozměry. Tento stroj zaujímal celkovou plochu 14000 mm x 5000 mm, z této délky stroje však automatické nakládání zabírá 8000 mm a pásový dopravník pro vykládku materiálu 4500 mm.

Příslušenstvím stroje je také další výbava, která zrychluje pracovní operace a usnadňuje práci s tímto strojem. Automatické nakládání pomocí technologie Smart Profile Detection rozezná a správně umístí i profily se složitější geometrií. Funkce SeamLine Tube rozeznává na trubkách svary nebo značky a umí na jejich základě trubky správně vyrovnat. Funkce RapidCut zvyšuje posuvy pevnolátkového laseru i u malých obrysů, čímž se zvyšuje produktivita řezání hlavně u tenkých materiálů. Dobu přípravy stroje snižuje také automatická nakládací jednotka LoadMaster Tube. [26]

Výhodou oproti obdobným CO₂ laserovým strojům jsou kromě nižší energetické spotřeby také mnohem nižší náklady na údržbu a to především z důvodu, že zde není používán žádný pracovní plyn (pro srovnání CO₂ laserový stroj ve firmě KOSTKA – kolobka Laser Tube LT8 italského výrobce ADIGE). Nevýhodou je naopak nemožnost řezat větší tloušťky materiálu. V případě našeho zadaného řezání hliníkových trubek s malou tloušťkou stěny je dosahováno vyšší řezné rychlosti a optimálních podmínek právě na uváděném vláknovém laseru TruLaser Tube 5000 fiber.

Pro řezání na tomto stroji je naložen materiál v neupravených délkách do nakládacího zásobníku LoadMaster Tube, který naloženou dávku vyhodnotí, trubky změří a podává je stroji. Data pro řezání každého profilu jsou do ovládacího programu zadána ze vstupního souboru. Stroj je schopen sám řídit celý proces, rychlost řezání a provádět regulaci výkonu laseru, což umožňuje dosáhnout v celém řezu konstantní kvality. Odřezané díly jsou zařízením vykládány šetrně na pás dopravníku, který je ukládá do připraveného koše.

Tabulka 5 – Technické parametry TruLaser Tube 5000 fiber typu Trudisk 3001 [26]

Kulatá trubka	
Max. vnější průměr	152 mm
Max. vnější průměr (volitelně)	170 mm
Obdélníkový profil	
Max. délka strany a průměr obalové kružnice	152 mm / 170 mm
Max. délka surového materiálu pro automatické nakládání	
U LoadMaster Tube 6,5 m	6500 mm
U LoadMaster Tube 8,0 m	8000 mm
Délka hotového dílu	
Při vykládací jednotce 3 m	3000 mm
Při vykládací jednotce 3 m + 1,5 m	4500 mm
Při vykládací jednotce 6,5 m	6500 mm
Při vykládací jednotce 6,5 m + 1,5 m	8000 mm
Hmotnost obrobku	
Max. hmotnost na danou délku standardně	20 kg/m
Max. hmotnost surového materiálu při automatickém vkládání	
S LoadMaster Tube 6,5 m	130 kg
S LoadMaster Tube 8,0 m	160 kg
Specifická data laseru	
Max. výkon laseru	3000 W max.
Tloušťka materiálu, konstrukční ocel	8 mm max.
Tloušťka materiálu, ušlechtilá ocel	5 mm max.
Tloušťka materiálu, hliník	6 mm max.
Tloušťka materiálu měď	4 mm max.
Tloušťka materiálu mosaz	4 mm
Hodnoty spotřeby	
Průměrný příkon ve výrobě	9 kW

8.2 Poloautomat pro frézování obou konců trubky

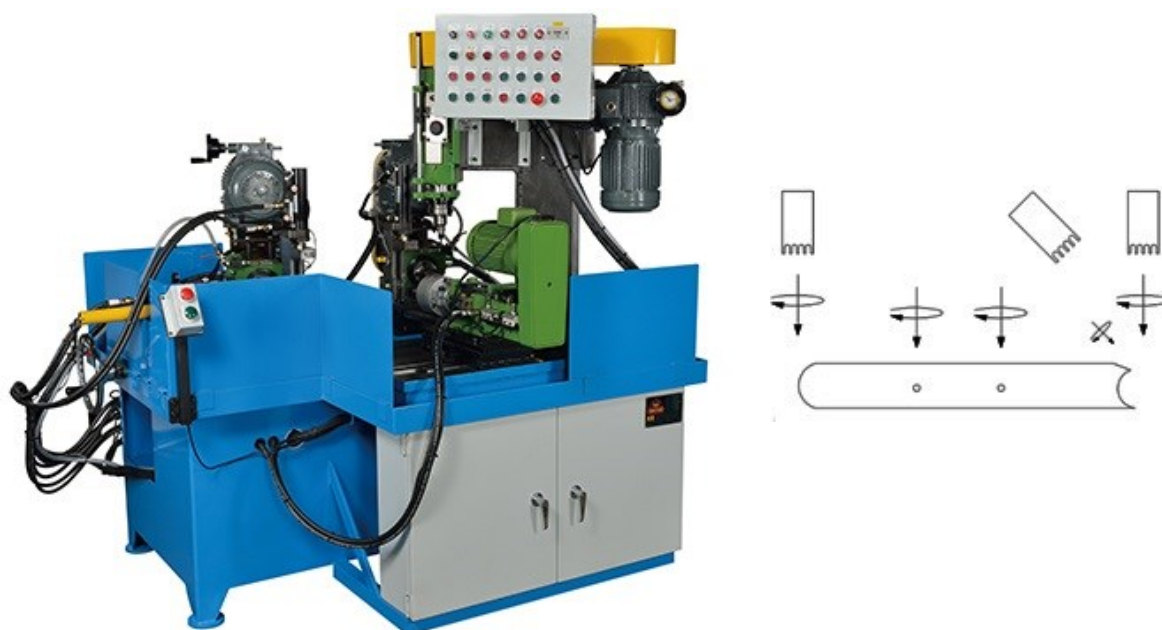
Z důvodu specifčnosti obrábění konců trubek a jejich úkosů lze pro tuto činnost zvolit také některý ze strojů, vyráběných přímo k tomuto účelu. Může to být například frézovací stroj pro úkosové vyřezávání obou konců trubek v jedné operaci, se 3 v různých směrech nastavitelnými vřeteny, s označením HT-10-152 Tchaj-wanské společnosti Shuz Tung.

Jde o stroj primárně určený pro spodní trubku rámu, avšak s přenastavenými parametry jím lze obrábět i konce ostatních trubek. Základní údaje a parametry byly ověřeny ve firmě Fort Frames s.r.o.

Fort Frames

Firma vznikla v roce 1991 v Ústí nad Orlicí jako výrobce rámu jízdních kol s vlastní značkou Fort. Postupně přešla k výrobě subdodávek pro jiné výrobce, od vlastních kol upustila. V současnosti nabízí komplexní zpracování hliníkových a ocelových rámu nejen pro běžná jízdní kola, ale i varianty podle předloh zákazníka, terapeutická kola a prostředky pro postižené a jiné rámy obdobných dopravních prostředků. Kromě této výroby jsou dodavateli svařovaných dílů pro výrobce autobusů a železničních vagónů a také konstrukcí designového nábytku. Pro svou výrobu a zpracování uvedeného materiálu jsou vybaveni stroji a vybavením pro tradiční a CNC obrábění, ohýbání, povrchové úpravy, svařování, tepelné zpracování materiálu a lakování dílů. Zpracovávání materiálu v ostatních technologiích, jako například laserové řezání, si zabezpečují pomocí externích dodavatelů. [35]

Frézovací poloautomaty tohoto typu patří k jednoúčelovým strojům, které jsou určeny jen pro určitou operaci na konkrétním dílu rámu kola. Jsou konstruovány tak, aby se navzájem doplňovaly, a jejich nejvhodnější použití je ve větším souboru. Zamezilo by se tak častému přenastavování stroje při obrábění další odlišné trubky rámu.

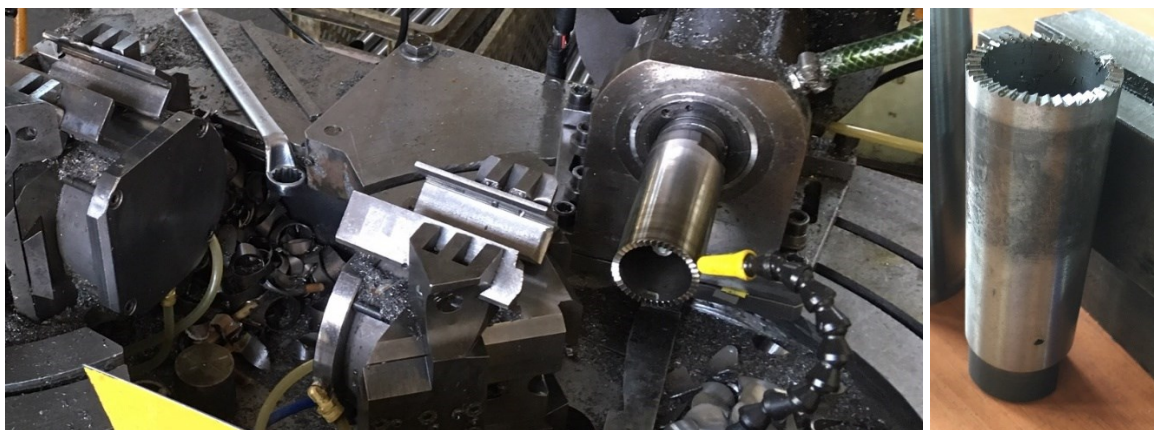


Obrázek 20 a 21 – Specializovaný poloautomat HT-10-152 a schéma frézování [36]

Pro obrábění na tomto stroji jsou trubky připraveny stejným způsobem, jako u uvedeného příkladu výrobního postupu pro obrábění frézou. Jejich dávka se umístí k obráběcímu stroji, který se nastaví pro požadované frézování. Průměry jednotlivých fréz a nastavované úhly budou opět odpovídat rozměrům předchozího příkladu. Připravené trubky obsluha stroje vkládá ručně do hydraulicky kontrolovaného svěráku, stroj v nastaveném úhlu odřeže oba konce trubky zároveň a trubka se opět ručně ze svěráku vyjme.

Tabulka 6 – Technické parametry HT-10-152 [36] [37]

Funkce stroje	
Vhodné pracovní rozmezí	ø frézy 25,4-50,8 mm, max. tloušťka 1,6 mm, délka 400-700 mm
Produkce	20-30 s/ks
Funkce	Frézování obou konců trubek v jedné operaci
Model	Poloautomatický
Hydraulická síla	1 HP
Spotřeba elektřiny	6,84 kW
Elektrické ovládání	
Zdroj napětí	380V/3P/50Hz nebo dle požadavku
Ovládání	PLC (programovatelný logický regulátor)
Vzhled stroje	
Barva stroje	Shuz Tung zelená barva nebo dle požadavku
Rozměry (d×š×v)	2250 × 1880 × 2170 mm
Váha	2080 kg
Specifikace nástrojového vybavení	
Uchycení	Jednoduchý support



Obrázek 22 a 23 – Pohled na stroj HT-10-152 s hydraulickým svěrákem a řezací částí ve firmě Fort Frames a speciální čelní fréza pro tento stroj

9. Technicko-ekonomické zhodnocení

Pro určení výhodnosti jednotlivého typu obrábění určitým strojním zařízením je potřeba stanovit náklady na každou technologii a porovnat mezi sebou ceny, za které je na nich možno při určené dávce výrobků jednotku vyrobit. Kalkulované ceny a doby byly zjišťovány ve výroбах provozovatelů jednotlivých strojů. Často jsou jimi odhady, protože nebyla zjištěna konkrétní jednoznačná hodnota. Rozdíly mohou vznikat na základě způsobu využití stroje, rozsahu výroby, velikostí obráběných dávek, vývoje cen jednotlivých strojů, nástrojů, energií a provozních médií. V součtech nákladů není zahrnuta cena materiálu trubek, která je pro všechny způsoby obrábění jednotná. Pro porovnání je počítána i varianta při outsourcování činností, kdy by práce obrábění konců trubek byly zadány zakázkou cizí firmě, podle modelové nabídky ve firmě Kostka - kolobka.

9.1 Náklady obrábění za časovou jednotku

9.1.1 Hodinová sazba strojů

Dotazem v uvedených firmách byly zjištěny rámcové náklady na pořízení strojů TruLaser Tube 5000 a frézovacího poloautomatu HT-10-152. V ceně stroje TruLaser Tube 5000 je započítáno i jeho vybavení a doplňky, včetně softwarového ovládání. Cena konzolové frézky byla stanovena odhadem jako její zůstatková cena, podle jejího stavu a roku výroby, porovnáním s obdobnými funkčními frézky nabízenými v bazarovém prodeji. Doba životnosti všech tří strojů byla rovněž stanovena porovnáním a odhadem.

Tabulka 7 – *Hodinové sazby strojů z pořizovacích cen a životnosti*

Stroj	Pořizovací cena stroje [Kč]	Životnost [hod]	Hodinová sazba [Kč/hod]
Frézka FA 3 AV	50 000	60 000	0,83
Poloautomat HT-10-152	400 000	40 000	10,00
TruLaser Tube 5000	25 700 000	100 000	257,00

9.1.2 Elektrická energie

Z ceníku pro rok 2019 byla počítána cena elektrické energie a z jednotlivých příkonů uváděných v technických parametrech strojů byla stanovena její hodinová sazba pro každý stroj celkem za silovou část a distribuci. [15]

Tabulka 8 – Náklady na elektrickou energii

Stroj	Příkon stroje [kW]	Cena za 1 kW [Kč]	Hodinová sazba za elektřinu [Kč/hod]
Frézka FA 3 AV	5,10	3,43	17,49
Poloautomat HT-10-152	6,84	3,43	23,46
TruLaser Tube 5000	9,00	3,43	30,87

9.1.3 Mzdové náklady

Základ pro mzdové náklady obsluh strojů byly vybrány podle nabídek pracovních míst v regionu. Uváděná hodinová mzda zahrnuje i odvody pojištění, které jsou nákladem zaměstnavatele, ve výši 34%. U všech strojů se předpokládá 8 hodinový úvazek ve dvousměnném provozu.

Tabulka 9 – Mzdové náklady

Stroj	Hodinová mzda [Kč/hod]	Odvody pojištění [Kč/hod]	Mzdové náklady [Kč/hod]
Frézka FA 3 AV	112,50	38,25	150,75
Poloautomat HT-10-152	112,50	38,25	150,75
TruLaser Tube 5000	162,50	55,25	217,75

9.1.4 Náklady na provoz a obráběcí nástroje

Pro jednotlivé stroje byly kalkulovány spotřeby zjištěných náhradních dílů a provozních médií, jako jsou trysky a čočky u laserového stroje a provozní oleje frézovacích strojů.

Výhodou laserového řezání je také to, že k obrábění nevyužívá žádné nástroje, proto tento náklad nebude v celkovém souhrnu nákladů pro tento stroj počítán. Pro frézovací poloautomat si výrobce nechává speciální frézovací nástroje vyrábět u dodavatele. Pro konzolovou frézku jsou nakupovány běžné čelní válcové frézy požadovaných průměrů. Všechny frézovací nástroje jsou ve firmách přebroušovány vlastními stroji a nástroji pro opětovné použití.

Tabulka 10 – Náklady na náhradní díly, provozní média a spotřebu nástrojů

Stroj	Náklady na náhradní díly a média [Kč/hod]	Náklady na nástroje [Kč/hod]	Souhrn nákladů celkem [Kč/hod]
Frézka FA 3 AV	8,98	175,00	183,98
Poloautomat HT-10-152	17,97	281,00	298,97
TruLaser Tube 5000	14,44	-	14,44

9.1.5 Přirážka

Přirážka se v našem případě stanoví z nákladů, ve výši 45%. V přirážce jsou zahrnuty režie a zisk. Velikost přirážky je závislá na vyhodnocení a rozhodnutí konkrétního výrobce.

9.2 Kalkulace nákladů na obrábění trubek rámu

Tuto kalkulaci tvoří dvě části. První je závislá na čase, ve kterém je součást na uvedeném stroji přímo obráběna, spotřebovává se strojní čas, elektrická energie, nástroje a další provozní média. Druhá zahrnuje čas nezbytný k přípravě materiálu a stroje pro obrábění a po jeho ukončení, tedy při vkládání materiálu, jeho upínání, nastavení parametrů řezání, výměně fréz, úprav na stroji a také vyjmutí zpracovaného polotovaru. Kalkulace bude počítána pro obrábění zakončení všech částí jednoho rámu.

9.2.1 Kalkulace nákladů obráběcího času

Při určení hodinové sazby jsou zde sčítány všechny hodnoty, které byly uvedeny v předchozí části nákladů obrábění. Tyto náklady jsou konstantní, neliší se při změně obráběné dávky a nejsou závislé na její velikosti.

Tabulka 11 – Hodinové náklady na obrábění u jednotlivých strojů v Kč/hod

	Frézka FA 3 AV	Poloautomat HT-10-152	TruLaser Tube 5000
Náklady stroje	0,83	10,00	257,00
Elektrická energie	17,49	23,46	30,87
Mzdové náklady	150,75	150,75	217,75
Provoz a nástroje	183,98	298,97	14,44
Přirážka 45%	158,87	217,43	234,03
Celkem	511,92	700,61	754,09

Pro kalkulaci obrábění na konzolové frézce FA 3 AV budeme pro výrobu jednoho rámu počítat jednotlivé časy pro každé upravované zakončení, u kterých musíme vždy jednotlivou trubku před frézováním upnout do správné polohy. U frézovacího poloautomatu HT-10-152 a laseru TruLaser Tube 5000 budeme časy kalkulovat na počet opracovávaných trubek rámu. Pro zjednodušení nebudeme rozlišovat odchylky v průměrech trubek a časech jednotlivého řezání, použijeme průměrné hodnoty. Pro přehlednost uvádím počítané hodnoty v tabulce 12.

Tabulka 12 – Kalkulace nákladů obrábění jednoho rámu

	Frézka FA 3 AV	Poloautomat HT-10-152	TruLaser Tube 5000
Počet řezaných částí v rámu	10	7	7
Čas řezání jedné části [s]	30	30	20
Náklady obrábění [Kč/hod]	511,92	700,61	754,09
Náklady obrábění [Kč/s]	0,1422	0,1946	0,2095
Náklady na 1 rám [Kč]	42,66	40,87	29,33

9.2.2 Kalkulace nákladů času přípravy a manipulace

Pro určení hodinové sazby jsou zahrnovány pouze náklady na mzdy obsluhy stroje s přírůžkou. V tomto čase se nespotebovává čas stroje, nevznikají náklady na energie, nástroje a provoz. Čas přípravy je zde závislý především na obráběné dávce.

Pro určení celkového času pro jednu dávku jsou sčítány jednotlivé časy přípravy pro každou frézovanou trubku rámu. U konzolové frézky jsou to časy společné pro celou dávku, mezi které patří nastavení upínacího přípravku na pracovní stůl frézky, výměnu frézy správného průměru, nastavení vřeteníku frézky do správného úhlu a časy manipulace každého kusu, v kterých počítáme upnutí trubky do upínacího přípravku a vyjmutí z upínacího přípravku. U frézovacího poloautomatu je celkovým časem dávky doba nastavení stroje pro každý druh trubky s ohledem na průměr fréz, jejich úhly a na to, jestli budou zakončení frézovány jednou či více frézami současně. Manipulační časy sčítají doby vkládání trubek do hydraulického svěráku a doby odebrání trubek ze svěráku stroje. Pro laserový stroj je určen pouze čas společné dávky, který se určuje pro daný profil trubky a zahrnuje nastavení parametrů stroje a současně automatické nakládání celé dávky nakládací jednotkou. Tabulka 13 uvádí určené časy dávky při přípravě a při manipulaci a výpočet pro stanovené dávky 15 a 200 ks.

Tabulka 13 – Časy přípravy a manipulace při stanovených výrobních dávkách

Stroj	Společný čas přípravy dávky [s]	Manipulační čas pro trubky 1 rámu [s]	Součet časů pro dávku 15 ks [s]	Součet časů pro dávku 200 ks [s]
Frézka FA 3 AV	1 950	250	5 700	51 950
Poloautomat HT-10-152	600	70	1 650	14 600
TruLaser Tube 5000	900		900	900

Ze zjištěných časů přípravy a manipulace a nákladů vynaložených v těchto časech můžeme vypočítat náklady na jednotku (1 rám) při dávce 15 a 200 ks. Tyto údaje jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 14 – Kalkulace nákladů přípravy jednoho rámu v určené dávce

	Frézka FA 3 AV	Poloautomat HT-10-152	TruLaser Tube 5000
Mzdové náklady s 45% přírůžkou [Kč/hod]	218,59	218,59	315,74
Mzdové náklady s 45% přírůžkou [Kč/s]	0,0607	0,0607	0,0877
Náklady přípravy 1 rámu při dávce 15 ks [Kč]	23,07	6,68	5,26
Náklady přípravy 1 rámu při dávce 200 ks [Kč]	15,77	4,43	0,39

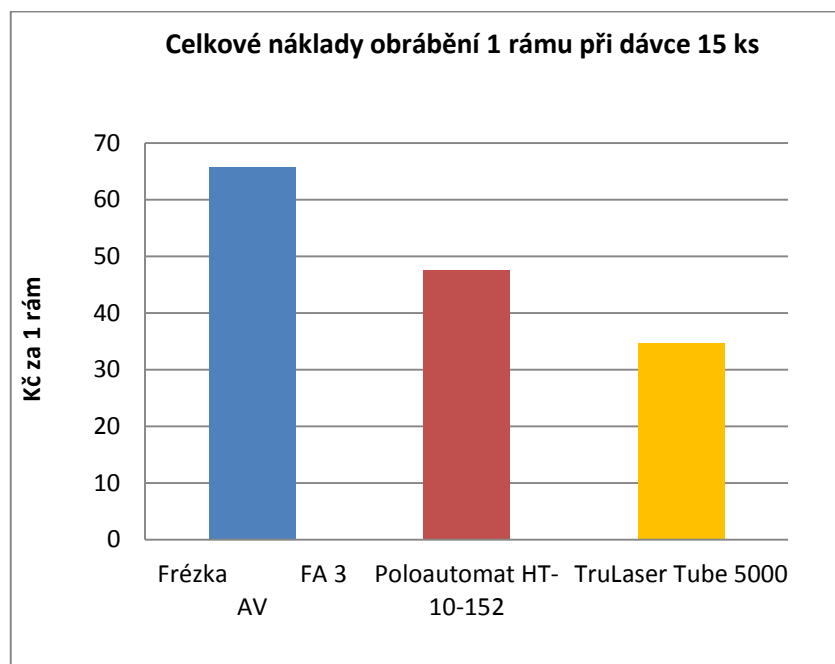
9.2.3 Kalkulace celkových nákladů obrábění konců trubek

Celkové náklady pro obrábění konců trubek tak dostáváme součtem nákladů na samotné obrábění a nákladů na přípravu a manipulaci. Tyto údaje se rovněž vztahují k velikosti obráběné dávky současně na jednom stroji.

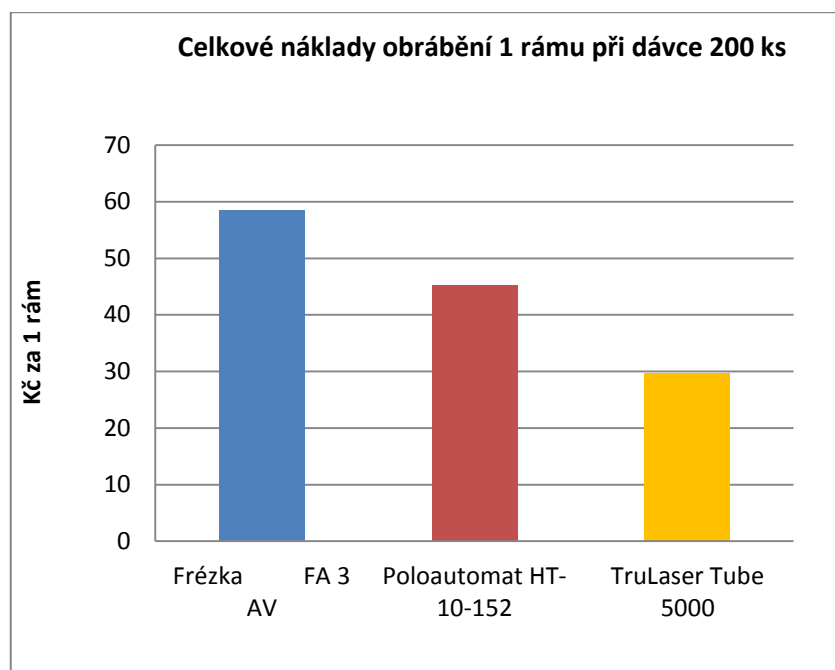
V tabulce 15 jsou uvedeny součty předchozích kalkulovaných kategorií.

Tabulka 15 – Celkové náklady obrábění jednoho rámu v určené obráběcí dávce

	Frézka FA 3 AV	Poloautomat HT-10-152	TruLaser Tube 5000
Celkové náklady obrábění 1 rámu při dávce 15 ks [Kč]	65,73	47,55	34,59
Celkové náklady obrábění 1 rámu při dávce 200 ks [Kč]	58,43	45,30	29,72



Graf 2 – Porovnání hodnot celkových nákladů na obrábění konců trubek pro 1 rám při výrobní dávce 15 ks



Graf 3 – Porovnání hodnot celkových nákladů na obrábění konců trubek pro 1 rám při výrobní dávce 200 ks

9.2.4 Porovnání ročního objemu nákladů na obráběcí činnosti

Pokud bychom porovnávali modelové podmínky pro malé roční rozsahy výroby, například v idealizované výrobní dávce 15 ks, lze zjistit, jak se liší jednotlivé varianty obrábění v celoročním objemu vynaložených nákladů. Tabulka 16 uvádí srovnání pro 600 a 2000 ks rámu.

Tabulka 16 – Porovnání celkových nákladů obrábění za rok podle objemu výroby

Stroj	Náklady ročního objemu 600 ks rámu [Kč]	Náklady ročního objemu 2000 ks rámu [Kč]	Rozdíl mezi stávající a novou technologií při výrobě 600 ks [Kč]	Rozdíl mezi stávající a novou technologií při výrobě 2000 ks [Kč]
Frézka FA 3 AV	39 438	131 460	0	0
Poloautomat HT-10-152	28 530	95 100	10 908	36 360
TruLaser Tube 5000	20 754	69 180	18 684	62 280

9.3 Outsourcing obráběcích prací

V případě, kdy má podnik malý objem výroby, nemá investiční prostředky na pořízení nové technologie, nebo nechce některou část z ekonomických či jiných důvodů realizovat, má možnost tyto činnosti také nakoupit u jiného dodavatele, neboli je outsourcovat. Zadáním takové zakázky jinému subjektu může snižovat především své náklady na stroje,

jejich provoz, energie, nástroje a údržbu, ale také na mzdové prostředky a další náklady na zaměstnance.

Příklad výpočtu pro laserové řezání byl proveden podle nabídky těchto služeb u firmy Kostka – kolobka. Základní nabídkou řezání uvedených profilů je jednotná cena 1000 Kč za každý řezaný profil na uvedeném stroji TruLaser Tube 5000. Výpočet pro námi kalkulovanou dávku je zobrazen v tabulce 17.

Tabulka 17 – Náklady na obrábění jednoho rámu v určené dávce v kalkulované zakázce

Cena za jednotku (profil) [Kč]	1 000
Počet profilů trubek v rámu kola	5
Cena pro 1 rám při dávce 15 ks [Kč]	333,33
Cena pro 1 rám při dávce 200 ks [Kč]	25,00

Další obdobné služby laserového řezání trubek z hliníkových slitin na stejném typu strojů, které byly dotazem zjišťovány, nabízejí například firmy Doucha s.r.o (stroj TruLaser Tube 7000) nebo JihoTech s. r.o. (TruLaser Tube 5000). [40] [41]

9.4 Změny vstupních parametrů a jejich vliv na kalkulaci

Značná pořizovací cena laserového stroje při jeho velmi dlouhé životnosti klade vysoké požadavky na dlouhodobé maximální vytížení stroje vlastní výrobou a dalšími zakázkami. Proto lze například uvažovat o snížení parametru životnosti, v jehož důsledku by se zkrátila doba návratnosti investice na pořízení stroje. Změna životnosti se pak projeví v kalkulované ceně rámu pouze ve změně položky nákladů stroje (s přírážkou). Tak lze výpočtem nákladů stroje s různými životnostmi zjistit, jak se změní výsledná cena za opracování rámu.

Pro porovnání s původní hodnotou byla vybrána poloviční životnost stroje 50000 hodin a životnost 10000 hodin. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18 – Náklady na obrábění jednoho rámu při snížení životnosti laseru

Životnost [hod]	Náklady stroje s přírážkou 45% [Kč/hod]	Náklady stroje s přírážkou 45% [Kč/s]	Náklady stroje při obrábění 1 rámu [Kč]	Rozdíl oproti původní životn. [Kč]	Celkové náklady obrábění 1 rámu při dávce 15 ks [Kč]	Celkové náklady obrábění 1 rámu při dávce 200 ks [Kč]
100000	372,65	0,1035	14,49	0,00	34,59	29,72
50000	745,30	0,2070	28,98	14,49	49,08	44,21
10000	3 726,50	1,0351	144,91	130,42	165,01	160,14

Pokud bychom však chtěli zaplnit výrobu laserového řezání například při životnosti 10000 hodin pouze vlastními rámy, pak bychom zpětným výpočtem zjistili, že při rychlosti výroby 1 ks rámu za 140 s je možno vyrobit až celkových 257142 rámů kol.

10. Závěr

Diplomová práce se zabývá porovnáním možností upravování zakončení hliníkových trubek pro jejich svaření v rámu jízdního kol. V práci byly srovnávány náklady na tyto činnosti u stávajících používaných způsobů obrábění konzolovými frézky a alternativně navrhovaných speciálních strojů pro sdružené frézování zakončení trubek a laserových obráběcích strojů určených k řezání trubek.

Vybrané porovnávané technologie odpovídaly požadovanému účelu obrábění, je u nich uváděna srovnatelná dosahovaná kvalita rozměrových odchylek a drsnosti povrchu a tak již nemusí být pro svařování dále upravovány. Nové navrhované technologie se lišily od původně používané technologie vyšší výkoností. U laserového řezání je dosahována vyšší rychlost řezání a přípravy jednotlivých operací, které tuto technologii velice zvýhodňují. Pro laserové řezání je navíc materiál dodáván v původních délkách, odpadá tak operace řezání materiálu na požadovanou délku před frézováním konců trubek. Současné obrábění více konců trubky najednou u frézovacího poloautomatu společně s jednodušší manipulací při vkládání každého kusu do automatického svěráku zase zkracují čas práce při opracování trubky.

Porovnáním složek nákladů u různých způsobů obrábění lze říci, že u uvedeného laserového stroje celkové náklady nejvíce ovlivňuje jeho pořizovací cena, zatímco provozní náklady, kdy nejsou spotřebovávány nástroje a u tohoto typu stroje ani řezací plyn, jsou ve srovnání s ní zanedbatelné. Opakem jsou frézovací stroje, kde je nejvíce nákladný provoz strojů právě spotřebou používaných nástrojů. Frézovací poloautomat z důvodu již výše zmíněného kratšího času při opracování trubky v nákladech tyto práce zlevňuje při porovnání s použitím konzolové frézy. Pokud tedy porovnáme náklady strojů při jejich plném výkonu na výrobu jednoho rámu, dosáhneme jednoznačně nejnižších cen u laserového řezání a nejdražší je naopak použití konzolové frézy.

Vyšší zvolená obráběcí dávka zlevňuje náklady na jednotlivé výrobky, je závislá na době přípravy a nastavení stroje. Největší rozdíly jsou u nákladů konzolové frézy, druhým v pořadí je laserový řezací stroj a nejmenší vliv dávky je v nákladech frézovacího poloautomatu.

Pokud budeme vycházet z hodnot celkové úspory nákladů nových technologií při ročních objemech ruční malovýroby, kterých dosahují uvádění výrobci jízdních kol, nelze doporučit nákup laserové technologie pro nereálnou návratnost této investice při takto malém objemu vlastní výroby. Při nižší vlastní výrobě není vhodná ani varianta nákupu frézovacího poloautomatu. Pro návratnost investic do jeho pořízení je objem roční výroby 2000 kusů rámců (a vyšší) vhodný. Pro laser se lze rozhodnout v případě, kdy můžeme tuto výrobu doplnit jinou vlastní výrobou nebo dostatečným množstvím externích zakázek.

Pokud budeme práce outsourcovat a zvolíme laserové řezání, platí, že můžeme ušetřit značné prostředky v případě, kdy jsme schopni dodavateli služby zadat co největší jednorázovou dávku. Není výhodné zadávat zakázku o jednotlivých kusech nebo příliš malou dávku.

Srovnáním bylo tedy zjištěno, že na rozhodnutí pro výběr vhodné technologie má největší vliv objem samotné výroby, který určuje využití kapacity používaných strojů. U laserového řezání lze dosáhnout i kratší návratnosti investice, než kdybychom ji určili v rozsahu celé životnosti stroje a to také s nižšími náklady oproti srovnávaným technologiím frézování. Podmínkou však je již v předchozí části popisované vyšší vytížení stroje výrobou a zakázkami. Příkladem může být i využití laserových strojů ve firmě KOSTKA – kolobka, která kapacitu stroje využívá k vysoké produktivitě vlastní výroby (obrábění rámců koloběžek), vedlejšímu výrobnímu programu (regálové systémy) a doplňuje jej značným množstvím externích zakázek.

Pro firmu, která se zaměřuje pouze na malovýrobu jízdních kol a nechce rozšiřovat jiným způsobem svou výrobu, je vhodné, při překročení určitého ročního objemu, pořídit si pro uváděné obráběcí práce vhodnější stroj takového typu, jako je popisovaný frézovací poloautomat.

11. Použitá literatura

- [1] MICHNA, Štefan a kol. *Encyklopedie hliníku*. Prešov: Adin, 2005. 700 s. ISBN 80-89041-88-4.
- [2] BRYCHTA, Josef a kol. *Technologie II – 2 díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB - TU Ostrava, 2008. 150 s. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] KOUKAL, Jaroslav, SCHWARZ, Drahomír, HAJDÍK, Jiří. *Materiály a jejich svařitelnost*. 1. vyd. Ostrava: Český svářečský ústav, s.r.o., VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. 241 s. ISBN 978-80-248-2025-5
- [4] SADÍLEK, Marek. *Nekonvenční metody obrábění II – Obrábění laserem, plazmou, ultrazvukem, elektronovým, iontovým a vodním paprskem*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava. 2016. 120 s. ISBN 978-80-248-3944-8.
- [5] ŘASA, Jaroslav, GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3, 1 díl. – Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2005. Scientia, spol. s.r.o. Praha. 257 s. ISBN 80-7183-337-1.
- [6] ŘASA, Jaroslav, POKORNÝ, Přemysl, GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3, 2 díl. - Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění*. 2005. Scientia, spol. s.r.o. Praha. 223 s. ISBN 80-7183-336-3.
- [7] MIČIETOVÁ, Anna. *Nekonvenčné metódy obrábania*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině. 2001. 376 s. ISBN 80-7100-853-2.
- [8] PÍŠKA, Miroslav a kol. *Speciální technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [9] CHALUPA, Miroslav. *Výroba jízdních kol v ČR – konfrontace minulosti a současnosti: bakalářská práce*. Brno: Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra geografie, 2016. 52 s. Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Hana Svobodová, Ph.D. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <https://is.muni.cz/th/he2qx/Bakalarska_prace_-_Vyroba_Jizdnich_kol_v_CR.docx>
- [10] ČSN EN 573-1. *Hliník a slitiny hliníku. Chemické složení a druhy tvářených výrobků. Část 1: Číselné označování*. Praha: Český normalizační institut, červen 2005. 12 s.

- [11] ČSN EN 573-2. *Hliník a slitiny hliníku. Chemické složení a druhy tvářených výrobků. Část 2: Označování chemickými značkami*. Praha: Český normalizační institut, červen 1996. 12 s.
- [12] ČSN EN 573-3. *Hliník a slitiny hliníku - Chemické složení a druhy tvářených výrobků. Část 3: Chemické složení a druhy výrobků*. Praha: Český normalizační institut, květen 2014. 40 s.
- [13] ČSN EN 754-2. *Hliník a slitiny hliníku - Tyče a trubky tažené za studena - Část 2: Mechanické vlastnosti*. Praha: Český normalizační institut, říjen 2017. 32 s.
- [14] ČSN EN 515. *Hliník a slitiny hliníku - Výrobky tvářené - Označování stavů*. Praha: Český normalizační institut, září 2017. 24 s.
- [15] *Ceník elektřiny pro podnikatele platný od 1. 1. 2019*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.pre.cz/Files/firmy/elektrina/archiv-produktu/2019/aktiv-cez/>>
- [16] *EUROPEAN BICYCLE MARKET 2017 edition*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<http://www.conebi.eu/wp-content/uploads/2018/09/European-Bicycle-Industry-and-Market-Profile-2017-with-2016-data-update-September-2018.pdf>>
- [17] *Profil firmy – Duratec*. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.duratec.cz/cs/o-nas/profil-firmy/>>
- [18] *Broušené svary - Technologie - Duratec*. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.duratec.cz/cs/techinfo/technologie/brousene-svary/>>
- [19] *Hliníková slitina 7020T6 - Materiály - Duratec*. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<http://www.duratec.cz/cs/techinfo/pouzivane-materialy/hlinikova-slitina-7020t6/>>
- [20] *COOL R14 – Designer – Duratec*. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.duratec.cz/cs/285-cool-r14/designer/>>
- [21] *Základy cyklistiky – Rebel Bike*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <http://www.rebelbike.com/index.php?clanek_detail=true&id_clanek=248>
- [22] *Používané materiály pro výrobu rámu - Cyklo*. [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <[http://www.cyklo.cz/tipy/popis\(dily\)/ramy.htm](http://www.cyklo.cz/tipy/popis(dily)/ramy.htm)>

- [23] *Hliník a možnosti jeho svařování.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<http://www.konstrukce.cz/clanek/hlinik-a-moznosti-jeho-svarovani/>>
- [24] *ZÁMEČNICTVÍ A SVAŘOVÁNÍ KOVO DVOŘÁK – svařování hliníku.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <http://www.kovodvorak.cz/svarovani_hliniku.php>
- [25] *Was ist WIG-Schweißen? | Schweißverfahren | Service | Schweißtechnik | Kjellberg Finsterwalde.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<http://www.kjellberg.de/Schweisstechnik/Service/Schweissverfahren/WIG-Schweissen.html>>
- [26] *TruLaser Tube 5000 fiber | TRUMPF.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/stroje-pro-laserove-rezani-trubek/trulaser-tube-5000-fiber/>
- [27] *Princip vláknového - FIBER LASERU - Leonardo technology s.r.o.* [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<http://www.lt.cz/e-learning/laser/princip-vlaknoveho-fiber-laseru>>
- [28] *Seriál na téma lasery - Hlavní typy laserů používaných v průmyslu - LAO.* [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---hlavni-typy-laseru-pouzivanych-v-prumyslu-128>>
- [29] *Cykl.cz: RB vzniklo z nudy - Zprávy.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<http://cykl.cz/item/rb-vzniklo-z-nudy>>
- [30] *Historie RB | RB-bike.* [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.rb-bike.cz/nas-pribeh/historie-rb/>>
- [31] *CRR 290 / Set TEAM+ | RB-bike.* [online]. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.rb-bike.cz/rb-bike-katalog/xc-trail/crr-290-team-plus/>>
- [32] *Anvil Bikeworks, LLC. | Seat Stay Mitering Fixture.* [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.anvilbikes.com/portfolio-item/seat-stay-mitering-fixture/>>
- [33] *Anvil Bikeworks, LLC. | Chain Stay Mitering Fixture.* [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.anvilbikes.com/portfolio-item/chain-stay-mitering-fixture/>>

- [34] *Anvil Bikeworks, LLC. | Universal Main Tube Mitering Fixture*. [cit. 2019-3-11]. Dostupné z <<https://www.anvilbikes.com/portfolio-item/universal-main-tube-mitering-fixture/>>
- [35] *Fort*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<http://www.fort-uo.cz/>>
- [36] *HT-10-152 Model Three Heads Milling Machine | Shuz Tung Bike Making Line Supplier*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <https://www.shuztung.com/bicycle-machinery/bicycle_detail_HT-10-152.html>
- [37] *SHUZZTUNG BICYCLE*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.gocatalogs.com/show/shuztung-bicycle.html>>
- [38] *O společnosti - KOSTKA footbike*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.kostkakolobezky.cz/info/4-o-spolecnosti>>
- [39] *LASER-TUBE.CZ: Laserové zpracování trubek, jechlů a dalších otevřených i uzavřených profilů. | KOSTKA-kolobka, s.r.o. | LASER-TUBE.CZ*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.laser-tube.cz/>>
- [40] *Doucha s.r.o: Řezání profilů a trubek laserem*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <http://www.doucha.cz/?page_id=812>
- [41] *JIHOTECH spol. s r.o. | VÁŠ SPECIALISTA NA ZPRACOVÁNÍ PLECHU*. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z <<https://www.jihotech.cz/>>

Poděkování

Za informace poskytnuté k technologii laserového řezání trubek bych chtěl poděkovat Ing. Marku Kostkovi a Ing. Janu Angerovi z firmy KOSTKA – kolobka, s.r.o.

Také děkuji panu Michalu Šebkovi z firmy Fort Frames s.r.o. za seznámení se způsoby opracování trubek rámců v této firmě a za informace ke specializovanému poloautomatizovanému obráběcímu stroji pro úkosové vyřezávání.

Za praktické informace k obrábění konzolovými frézami chci dále poděkovat panu Janu Cékrovi z pracoviště odborného výcviku Střední školy železniční, technické a služeb v Šumperku.